Digitized by Google

A. hydr.
1532 g (1868, 2
Annales

Digitized by Google

Digitized by Google

art 1er N° 141

ANNALES

DES

PONTS ET CHAUSSÉES.

TOME XVI.

Digitized by Google

PARIS. — IMPRIMERIE DE CUSSET ET C^e^,
Rue Racine, 26, près de l'Odéon.

Digitized by Google

ANNALES

DES

PONTS ET CHAUSSÉES.

MÉMOIRES ET DOCUMENTS

RELATIFS

A L'ART DES CONSTRUCTIONS

ET AU SERVICE DE L'INGÉNIEUR;

LOIS, DÉCRETS, ARRÊTÉS ET AUTRES ACTES

CONCERNANT

L'ADMINISTRATION DES PONTS ET CHAUSSÉES.

4e SÉRIE.

1868

2e SEMESTRE.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

PARIS.

DUNOD, ÉDITEUR,

SUCCESSEUR DE Vor DALMONT,

Précédemment Carilian-Gœury et Victor Dalmont,

LIBRAIRE DES CORPS IMPÉRIAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,

Quai des Augustins, n° 49.

Digitized by Google

Digitized by Google

ANNALES

DES

PONTS ET CHAUSSÉES

MÉMOIRES ET DOCUMENTS

RE ATIFS

A L'ART DES CONSTRUCTIONS

ET AU SERVICE DE L'INGÉNIEUR.

N° 183

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR M. PETOT,

Inspecteur général des ponts et chaussées,

Par M. LÉONCE REYNAUD, inspecteur général des ponts et chaussées.

Petot (Jean-Constant) est né le 4 septembre 1802, à Épinal, dans cette robuste province de Lorraine qui a fourni tant d'élèves à l'École polytechnique, de généraux à nos armées, d'ingénieurs distingués aux corps des ponts et chaussées et des mines. Ses premières études se firent au collége de la petite ville, et elles furent couronnées de tels succès que ses parents, dont l'état de fortune était modeste,

se décidèrent à venir plus efficacement en aide à ses heureuses dispositions, en l'envoyant au lycée de Strasbourg qui jouissait déjà d'une grande autorité. Quelques années après, en 1821, il était admis à l'École polytechnique le trente-troisième de la promotion pour en sortir le quatrième. De l'École des ponts et chaussées, où il s'était maintenu aux premiers rangs, il entra au service de la marine et fut attaché au port de Brest.

Les travaux d'un grand arsenal maritime devaient offrir beaucoup d'intérêt à Petot, à raison même des difficultés qu'ils présentent, de la diversité des questions qu'ils soulèvent, des innombrables détails dans lesquels ils obligent à entrer, et il y convenait parfaitement, tant par la nature de son esprit que par son application à l'étude et sa fermeté dans la direction des chantiers.

Il fut chargé pour ses débuts de la construction d'un important édifice destiné aux conseils de guerre et au tribunal maritime. Puis il fit exécuter successivement, après en avoir rédigé les projets : l'École d'hydrographie; une vaste buanderie, savamment disposée dans toutes ses parties, qui a été longtemps regardée comme un modèle du genre; de grandes distributions d'eau douce en divers points de l'arsenal et les réservoirs qu'elles exigeaient; les deux bâtiments de la direction de l'artillerie, comprenant les forges, l'armurerie, la salle d'armes et plusieurs magasins; la nouvelle digue de Kerhuon, travail considérable où il appliqua avec succès un ingénieux appareil à bétonner de son invention, lequel a été décrit dans les *Annales des ponts et chaussées* de 1834; enfin des ouvrages de moindre importance, mais qui, demandant une surveillance assidue, n'étaient pas sans causer de sérieuses préoccupations à l'ingénieur.

Toutefois c'est surtout par la publication de l'ouvrage intitulé : *Recherches sur la chaufournerie*, que Petot a laissé un souvenir durable de son séjour à Brest. Ce remarquable

Digitized by Google

travail, imprimé en 1833 par ordre du ministre de la marine, sur la proposition du conseil des travaux qui en avait reconnu tout l'intérêt, a sa place marquée dans l'histoire des chaux, ciments et mortiers hydrauliques. Sans doute la plupart des découvertes de Vicat étaient connues à cette époque, les principes étaient posés; mais il y avait encore beaucoup de points obscurs à éclaircir, de difficultés de détail à surmonter. Appelé par son service à étudier un projet de fours à chaux, Petot ne s'était pas renfermé dans le cercle qui lui était tracé; il avait envisagé la question sous toutes ses faces, avec la plus grande sollicitude, et des fours à chaux, à briques et à pouzzolane construits sous sa direction avaient complétement justifié ses conceptions théoriques.

Dans son premier chapitre, il donne la théorie de la calcination des pierres calcaires, et fait connaître les causes qui facilitent ou entravent cette opération. Dans le second, des considérations sur l'écoulement des fluides et sur les variations de température le conduisent à déterminer la forme des fours, et à recommander les fours à compartiments dans lesquels on tire un parti utile, non-seulement de la chaleur émanée du compartiment en feu, mais encore de celle que restitue le refroidissement de la matière complétement cuite. Cette disposition, qui n'avait été appliquée jusqu'alors qu'à la cuisson de la faïence et de la brique, et d'une manière fort imparfaite, a donné naissance aux fours annulaires dont la propagation a été rapide dans ces dernières années, surtout en Allemagne.

Les chapitres qui suivent, au nombre de six, sont consacrés à l'étude de divers points de théorie ou de pratique, relatifs à la fabrication de la chaux, des briques et des pouzzolanes et aux principales propriétés de ces divers produits. Ils peuvent, encore aujourd'hui, être médités avec fruit. A l'époque où ils parurent, ils frappèrent beaucoup les constructeurs par la nouveauté de quelques aperçus et par l'importance des faits constatés.

Les chaux hydrauliques étaient alors pour ainsi dire à leur début ; il ne s'en fabriquait que dans un petit nombre d'établissements, les transports étaient dispendieux, on éprouvait des doutes sur la régularité des produits ainsi que sur l'efficacité des moyens de conservation des chaux éteintes, et les pouzzolanes jouissaient d'une faveur qu'elles ont perdue depuis, et non pas toujours à bon droit. Vicat avait dit que le meilleur procédé à employer pour la cuisson des pouzzolanes artificielles consisterait à déposer, pendant quelques minutes et en couches minces, de l'argile en poudre sur des plaques de tôle portées à une haute température, mais il avait ajouté que cette méthode présentait des difficultés d'exécution qui ne permettaient pas de la recommander. Petot reprit la question, et fit construire un four à réverbère au moyen duquel la torréfaction des sables provenant de la désagrégation spontanée des gneiss, roches qui encadrent le port de Brest, donna les meilleurs résultats qu'on pût attendre d'une matière renfermant trop de grains de quartz, c'est-à-dire de parties inertes, pour devenir très-énergique, à quelque degré que sa cuisson ait été poussée. Cette nouvelle pouzzolane ne pouvait pas résister sans doute à la décomposition des mortiers par l'eau de mer ; mais elle était bien suffisante pour tous les ouvrages soustraits à ce redoutable agent, et elle avait le mérite de l'économie, car elle n'exigeait ni cuisson dispendieuse ni pulvérisation.

Les ciments à prise rapide étaient peu répandus à cette époque : Petot, appréciant leur importance, en fit l'objet d'une de ces études approfondies auxquelles il se complaisait, leur consacra un chapitre tout entier et contribua efficacement à leur propagation.

L'administration de la marine ne pouvait méconnaître les services qui viennent d'être rappelés, et Petot fut promu au grade d'ingénieur ordinaire de première classe en 1833, de chevalier de la Légion d'honneur en 1836, d'ingénieur en chef de deuxième classe en 1839.

Mais, ni ces précieux témoignages de satisfaction, ni l'excellente position qu'il avait su se faire à Brest, ne purent le détourner du désir, depuis longtemps arrêté dans son esprit, de donner une autre direction à ses travaux, et il obtint en 1840 le département de la Vendée. Ce poste est important, car le service maritime y est réuni au service ordinaire; le développement du littoral est considérable, les ports sont nombreux, et des parties de côtes attaquées par la mer réclament incessamment des ouvrages défensifs. La viabilité du département laissait d'ailleurs beaucoup à désirer à cette époque, et bientôt allait se poser la question des chemins de fer à établir sur un territoire où l'industrie n'est pas très-développée, en même temps que font défaut les grands centres de population.

Pleine satisfaction fut rapidement donnée aux divers intérêts qui se recommandaient à la sollicitude du nouvel ingénieur en chef. Des routes furent ouvertes, qui étaient depuis longtemps désirées ; d'autres furent rectifiées ou réparées. Les petites rivières qui sillonnent la contrée virent s'édifier des ponts, des écluses et des quais. Un vaste ensemble de travaux fut adopté pour le port des Sables, et fut poursuivi avec ardeur jusqu'au moment où l'épuisement des crédits obligea à suspendre l'opération, qui a été reprise depuis. L'île d'Yeu, qui semble n'avoir été créée que pour offrir aux navigateurs le refuge qu'ils chercheraient en vain sur la côte opposée, n'avait qu'un port de fort mauvaise tenue ; des digues heureusement conçues et parfaitement exécutées la mirent à même de remplir sa mission, et de nombreux bâtiments viennent aujourd'hui s'y abriter dans les gros temps. Des épis d'ensablement rattachés à des digues longitudinales défendirent avec un plein succès l'île de Noirmoutier, qui était attaquée par la mer sur plusieurs points de son développement. Enfin un projet de chemin de fer de Nantes à Limoges, passant par Napoléon avec embranchement sur les Sables, fut rédigé par l'ingénieur en chef, qui

en avait pris l'initiative et voulut en assumer les premières dépenses. Accueilli avec une sorte d'enthousiasme par le département de la Vendée, il est exécuté en partie aujourd'hui, sauf quelques-unes de ces modifications dans le tracé que déterminent parfois des considérations plus ou moins étrangères à l'art de l'ingénieur.

En 1857, après avoir été chargé pendant un an du contrôle du chemin de fer de l'Ouest, Petot fut appelé au conseil général des ponts et chaussées, où l'on s'étonnait depuis quelque temps de ne pas le voir, et où il apporta les fruits d'une longue expérience acquise sur les travaux les plus divers. Grâce à une remarquable facilité de rédaction, ses rapports, souvent très-développés, toujours lucides et mûrement médités, étaient écrits du premier jet, en entier de sa main, et sans que la moindre rature vînt indiquer que la pensée ne s'était pas immédiatement présentée à son esprit sous la forme précise, correcte, élégante parfois, dont il savait la revêtir.

Un ancien président du conseil général des ponts et chaussées, digne représentant des ingénieurs dans le premier corps de l'État, a dit dans une de ses notes sur le *Personnel* : « J'ai reconnu en beaucoup d'ingénieurs en chef « de l'ordre, du zèle, de la conscience; ces qualités me pa« raissen éminentes chez M. Petot. » Il semble impossible de mieux faire ressortir ce qu'il y avait de plus saillant dans le caractère de notre camarade, ce qui a dominé dans toute sa carrière. Ingénieur ordinaire, ses projets étaient étudiés avec la plus scrupuleuse exactitude, toutes les difficultés y étaient prévues, pas un détail n'y était omis, et une surveillance assidue leur assurait ensuite une exécution irréprochable. Ingénieur en chef, il imposait la même méthode à ses collaborateurs, et si sa discipline a paru sévère à quelques-uns, le juste renom qu'ont acquis la plupart d'entre eux prouve qu'elle n'était pas sans exercer une heureuse influence. Inspecteur général, rien dans les projets

Digitized by

qui lui étaient soumis n'échappait à son examen, et ses laborieuses inspections ne laissaient de côté aucune des parties du service qui lui était confié.

Petot n'était pas encore marié lorsqu'il fut appelé dans le département de la Vendée. Les travaux qui remplissaient ses journées et les faisaient paraître trop courtes, les soirées gaiement passées avec d'anciens élèves de l'École polytechnique appelés à Brest par leurs fonctions, l'intérêt toujours excité qu'inspirent les choses et les hommes de la mer le détournaient de la pensée de compléter son existence en lui donnant un nouvel aliment. Mais arrivé à Napoléon, il sentit bien vite les tristesses de l'isolement; il éprouva le besoin d'ajouter d'autres bonheurs et d'autres devoirs à ceux de l'ingénieur, et ne tarda pas à trouver dans une ville voisine une compagne digne de lui. Bientôt il eut une fille, dont il voulut diriger lui-même l'éducation, à qui il consacra tous les instants que ne réclamait pas son service, et c'est dans les bras de ces deux femmes, dont la tendre affection répondait pleinement à la sienne, que, le 19 juin 1867, il rendit le dernier soupir, après de longues souffrances supportées avec la plus admirable résignation.

N° 184

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR M. KERMAINGANT,

Inspecteur général des ponts et chaussées.

Par M. CHARIÉ-MARSAINES, inspecteur général des ponts et chaussées, en retraite.

Le conseil général des ponts et chaussées a été cruellement décimé par la mort dans ces derniers temps : après la perte de M. Dupuit enlevé, au mois d'octobre 1866, dans toute la force de son talent, ce conseil avait vu successivement s'éteindre, en moins de cinq mois, MM. Guillaume, Petot et Louiche-Desfontaines. Récemment un nouveau coup vient encore de faire disparaître un nom deux fois porté avec honneur dans ses rangs.

L'ingénieur qui fait l'objet de la présente notice, M. Kermaingant (Yves-Marie-Noël), naquit le 24 octobre 1800 à Guingamp, département des Côtes-du-Nord. Son grand-père, qui était échevin de la ville de Tréguier et directeur de l'Hôtel-Dieu, mourut à vingt-neuf ans, laissant une veuve avec trois enfants dont le second était M. Kermaingant mort, le 17 juillet 1856, inspecteur général des ponts et chaussées en retraite, et l'un des hommes qui ont fait le plus d'honneur au corps pendant la première moitié du dix-neuvième siècle (*). L'aîné s'était voué à l'exercice de

---

(*) Voir les *Annales des ponts et chaussées*, année 1856, 2e semestre, p. 1.

Digitized by Google

arl 1841

PLACE DE STRASBOURG ARCHIVES

la médecine ; ce fut le père de l'ingénieur dont nous nous occupons en ce moment, et qui, par la mort prématurée de ses parents, se trouva, à dix-huit ans, l'aîné de huit orphelins. A cette époque, il venait de terminer au collége de Rennes son éducation classique. Son oncle, alors ingénieur à Lyon, l'appela près de lui et lui fit faire, sous sa direction, les études exigées pour l'École polytechnique. Admis à cette école en octobre 1820, il en sortit en 1823 pour entrer à celle des ponts et chaussées. Deux missions, l'une en 1824 dans le département du Finistère sur les travaux du canal de Nantes à Brest, l'autre en 1825 dans le département de la Sarthe où son oncle était alors ingénieur en chef, lui permirent d'acquérir les connaissances pratiques, complément nécessaire de l'éducation d'un ingénieur, et, le 1er mai 1826, il était appelé à en remplir les fonctions dans le département de la Loire, à la résidence de Montbrison.

On sait que ce département est un de ceux qui se distinguent le plus par leur activité industrielle ; c'est aussi un de ceux où la population croît avec le plus de rapidité. Dans un tel département, l'activité d'un jeune ingénieur devait trouver à s'exercer et M. Kermaingant y exécuta de nombreux travaux, entr'autres la partie de la route impériale n° 82, de Roanne au Rhône, comprise entre Feurs et Montrond, et le pont de Montrond sur la Loire composé de neuf travées en charpente portées sur des piles et culées en maçonnerie. Ces travées ont été, à une époque récente, remplacées par des voûtes en arc de cercle, mais les piles et culées construites par M. Kermaingant ont été conservées.

En décembre 1830, il fut, sur sa demande, placé dans le département du Puy-de-Dôme où l'appelaient des convenances de famille ou, pour mieux dire, l'espoir d'une union projetée depuis quelque temps et qui a fait le charme de sa vie. Chargé du service ordinaire de l'arrondissement

de Clermont-Ferrand et, en outre, de la navigation de l'Allier, il eut à rédiger de nombreux projets de rectifications et grosses réparations de routes impériales qui presque tous furent exécutés; il fit établir plusieurs routes départementales importantes ainsi que le pont suspendu de Parentignat sur l'Allier construit, sur ses projets, par une compagnie concessionnaire.

Ainsi qu'on l'a dit ci-dessus, M. Kermaingant était entré dans les rangs des ingénieurs sous les auspices de son oncle. Celui-ci ne le perdit jamais de vue et, chargé de la direction des études du canal destiné à amener les eaux de la Durance à Marseille, il aurait voulu le faire concourir à l'exécution de ces travaux. Son désir eût même été de le voir chargé de ceux du grand pont-aqueduc de Roquefavour; mais des raisons de famille empêchèrent M. Kermaingant d'accepter cette mission, et elle fut confiée à M. de Montricher dont le nom est resté attaché à ce magnifique ouvrage.

Les services rendus par M. Kermaingant dans le département du Puy-de-Dôme le désignaient naturellement au choix de l'administration pour le grade d'ingénieur en chef et, à la fin de septembre 1840, il fut appelé à en remplir les fonctions dans celui de la Dordogne. Ce département, un des plus étendus de la France, car il ne le cède sous ce rapport qu'à ceux de la Gironde et des Landes, était alors assez mal doté au point de vue des communications. Ses routes impériales les plus importantes avaient besoin de nombreuses rectifications et, quant à ses routes départementales dont le réseau décrété présentait un fort grand développement, la plupart n'étaient encore qu'en projet. Ainsi qu'il arrive souvent, un désir trop impatient d'améliorations avait porté ce département à contracter de lourds engagements sans avoir suffisamment assuré les ressources nécessaires pour les remplir et, au moment où M. Kermaingant en prit le service, ses finances étaient engagées pour

Digitized by

plus de 800 000 francs. Le seul moyen de sortir de cette situation embarrassée était un emprunt. Le nouvel ingénieur en chef n'hésita point à le proposer et, sa proposition ayant été accueillie par le conseil général, on parvint en quelques années à amortir les dettes, à terminer les entreprises imprudemment commencées ; au moyen d'un certain nombre d'améliorations peu dispendieuses sur des lacunes à peu près viables, on relia entr'eux des tronçons de routes de construction récente épars sur un grand nombre de points, et la circulation se trouva ainsi ouverte sur une très-notable partie de la surface à desservir. Ce résultat, tout satisfaisant qu'il était, n'avait pu être obtenu sans lutte ; car le mécontentement d'une situation fausse était général dans le département et avait produit bien des impatiences. A la vérité, elles se montraient un peu moins ardentes dans les régions qui avaient été les plus favorisées ; mais, dans les arrondissements et les cantons qui n'avaient jusqu'alors obtenu que des promesses, les récriminations étaient fort vives, et l'on poussait à des mesures financières qui n'auraient fait qu'aggraver le désordre déjà existant. Cette lutte dura plusieurs années et ne prit fin qu'en 1847. Il est superflu de dire qu'une très-grande partie de son poids fut supportée par l'ingénieur en chef. Dans cette situation difficile, M. Kermaingant sut faire preuve d'un caractère à la fois ferme et conciliant, et, par la sûreté de son jugement, par l'exactitude de ses prévisions, non moins que par son impartialité bien connue, il exerça la plus salutaire influence, et sut conquérir à la fois l'estime et la confiance générales qu'il a gardées jusqu'à la fin de son séjour dans le département de la Dordogne. A partir de 1848, des ressources nouvelles ayant été créées et sagement calculées sur la puissance financière du département, l'exécution des routes départementales, débarrassée désormais de toute entrave, marcha d'une manière progressive et avec une activité bien réglée qui a pu être soutenue jusqu'à l'achève-

ment complet de cette œuvre à peine terminée aujourd'hui.

En ce qui concerne les routes impériales tracées presque toutes à une époque déjà ancienne, des rectifications nombreuses et importantes étaient réclamées par les populations. Les projets de ces rectifications furent étudiés avec le plus grand soin sous l'habile direction de M. Kermaingant et, si toutes n'ont pas été exécutées, il faut surtout l'attribuer aux déplacements d'intérêts produits par les chemins de fer dont a été doté le département de la Dordogne.

En 1848, la position de M. Kermaingant fut notablement agrandie par la mesure administrative qui réunit à son service la navigation de l'Isle et celle de la Dordogne pour chacune desquelles il existait auparavant un service spécial. Si, pour la première de ces deux rivières dont la canalisation était depuis assez longtemps terminée, sa tâche se réduisit à l'amélioration des chemins de halage et à la restauration de quelques barrages anciens, il n'en fut pas de même pour la Dordogne où l'on exécutait de nombreux travaux au premier rang desquels il faut citer le barrage éclusé de Bergerac, un des plus grands ouvrages de ce genre et dont la construction a présenté des difficultés vraiment exceptionnelles. Chargé de la haute direction de ces travaux, M. Kermaingant se trouva plus d'une fois en présence de situations très-critiques dans lesquelles il fit preuve d'une grande sûreté de coup d'œil et d'un remarquable sang-froid dont rendent encore témoignage ses anciens collaborateurs.

Enfin, en 1852, commencèrent les études des grandes lignes de chemins de fer qui depuis ont été classées et exécutées dans le département de la Dordogne, et qui sont dirigées, la première, de Limoges à Agen, la seconde, de Coutras à la limite du département de la Corrèze, faisant partie de la ligne de Lyon à Bordeaux. Placé à la tête de ce

Digitized by

service, M. Kermaingant se montra de suite à la hauteur de l'honorable et difficile mission qui lui était confiée.

Malgré la belle position qu'il occupait dans le département de la Dordogne, M. Kermaingant éprouvait depuis longtemps le désir de retourner dans celui du Puy-de-Dôme où l'appelait de tous ses vœux la famille de madame Kermaingant. Le service de ce département lui fut confié en septembre 1854, et peu de temps après il fut, en outre, chargé du contrôle des travaux du chemin de fer Grand-Central sur les deux lignes de Clermont à Montauban et de Saint-Étienne à Bordeaux. Il est superflu de dire qu'il soutint sans peine comme ingénieur en chef la bonne réputation qu'il avait laissée comme ingénieur ordinaire. Aussi, à peine rentré dans le Puy-de-Dôme, fut-il proposé pour le grade d'inspecteur général par les inspecteurs chargés successivement de contrôler son service.

Dans les deux départements qu'il avait administrés comme ingénieur en chef, M. Kermaingant avait eu la bonne fortune de se trouver placé plus directement qu'aucun autre ingénieur sous les yeux des deux ministres qui, depuis le commencement du second Empire, avaient été successivement chargés du portefeuille des travaux publics, de M. Magne d'abord, et ensuite de M. Rouher qui, appartenant par leur naissance et leurs intérêts, l'un au département de la Dordogne, l'autre à celui du Puy-de-Dôme, avaient pu juger, par leurs propres yeux, de sa capacité et de ses services. Aussi le second de ces deux hommes d'état n'hésita-t-il point à l'appeler au conseil général des ponts et chaussées où il vint prendre place à la fin de l'année 1859. Il ne tarda pas à conquérir dans cette assemblée l'estime et la sympathie qu'il avait su s'attirer partout ailleurs et, chargé successivement des 8e et 17e arrondissements d'inspection, il porta dans toutes les questions qu'il eut à traiter la justesse et la clarté qui étaient les qualités distinctives de son esprit. Dans la seconde de

ces inspections, il eut à s'occuper d'affaires très-importantes, notamment des projets du canal du Forez ainsi que des autres travaux projetés et maintenant en partie exécutés dans le département de la Loire pour assainir et mettre en valeur plus de 60 000 hectares de terrains.

Atteint à la fin de 1865 par l'âge de la retraite, M. Kermaingant vit les dernières années de son existence, jusque-là fort heureuse, attristées par de grands chagrins : en 1866, il perdait son fils aîné à peine âgé de trente-trois ans et arrivé déjà à un poste important dans une administration financière, presqu'au même moment où une maladie cruelle et sans espoir l'obligeait à se séparer de la compagne de sa vie. Malgré la force de son caractère, il ne put résister à tant de coups : dès le commencement de 1867, il éprouva les premières atteintes de la maladie qui devait terminer ses jours, mais qui pourtant ne l'arrêta complétement qu'au milieu de janvier dernier. Le 27 février suivant, il était enlevé à l'affection de ses parents et de ses amis, après avoir reçu les secours de la religion, laissant à tous ceux qui l'ont connu les regrets d'un commerce à la fois aimable et sûr, et, dans le corps des ponts et chaussées, un nom auquel s'attachera toujours un double souvenir d'honneur et de talent.

Paris, le 11 mai 1868.

N° 185

MÉMOIRE

Sur le sauvetage des naufragés.

Par M. CHARIÉ-MARSAINES, inspecteur général des ponts et chaussées, en retraite.

« Je suis homme, et rien de ce qui est humain ne m'est étranger (*). » Ce vers dans lequel Térence devançait de bien loin les idées et les sentiments de son époque, pourrait, à bon droit, être pris pour devise de la nôtre où la sympathie pour les maux d'autrui est à la fois si active et si universelle. En effet, il n'est, pour ainsi dire, pas une seule des misères humaines que nos sociétés modernes n'aient cherché à soulager, pas une situation pénible ou douloureuse à laquelle elles ne tendent une main secourable, soit pour en adoucir les souffrances, soit pour fournir à l'homme qui s'y trouve engagé les moyens d'en sortir. Quelle que soit l'opinion qu'on ait d'ailleurs sur l'état moral et religieux de notre siècle, il nous paraît impossible de méconnaître sa supériorité, à cet égard, sur ceux qui l'ont précédé. La simple énumération, soit des établissements généraux de bienfaisance placés sous la direction de l'état, soit des fondations dues à la charité particulière, fournirait, pour la France seulement, la matière de plus d'un volume, et il y aurait certainement, dans le nombre et la variété des objets qu'elle comprendrait, de quoi surprendre le lecteur; mais tel n'est pas le but des lignes qui vont suivre : leur

(*) *« Homo sum : humani nihil a me alienum puto. »*

seul objet est de faire connaître une institution nouvellement créée en France qui a déjà obtenu une certaine notoriété, mais qui en mérite une plus grande encore, la Société de sauvetage des naufragés.

I.

Parmi les infortunes qui appellent l'attention des amis de l'humanité, une des plus dignes de commisération est sans contredit celle du navigateur qui, revoyant la terre après une longue traversée, soit qu'il touche au pays où l'attend, dans les bénéfices du commerce, la légitime rémunération de ses fatigues, soit qu'il rentre dans son pays natal rapportant à sa femme et à ses enfants un bien-être péniblement acquis, voit son navire échouer au port et perd en un instant, non-seulement le fruit de tant de laborieux efforts, de tant de périls affrontés, mais souvent encore la vie même, cette vie si nécessaire au soutien de ses vieux parents ou de sa jeune famille. Aussi, dès l'antiquité la plus reculée, s'était-on occupé de signaler de loin aux navigateurs l'approche des côtes ainsi que les points sur lesquels ils devaient se diriger. A l'origine, on se bornait, pour cela, à allumer des feux sur les montagnes voisines de la mer, et très-probablement ce fut là d'abord le seul système de signaux employé; mais on ne tarda pas à en chercher un plus parfait, pouvant s'établir en un lieu quelconque, et, dans ce but, on construisit des édifices spéciaux connus depuis longtemps sous le non de *phares*, lequel paraît emprunté à l'île égyptienne de *Pharos* où fut élevée, par Ptolémée Philadelphe, une tour destinée à signaler l'entrée du port d'Alexandrie. Le plus ancien phare dont l'histoire fasse mention est celui du promontoire de Sigée. Il y en avait de semblables dans le Pirée d'Athènes et dans la plupart des ports de la Grèce ; mais aucun n'égalait en magnificence celui d'Alexandrie qui fut longtemps réputé une

des merveilles du monde. Les Romains avaient aussi établi un grand nombre de phares à Ostie, à l'île de Caprée, à Ravenne, à Pouzzoles, etc., et l'on voyait encore à Boulogne, vers le milieu du XVII[e] siècle, celui qu'ils avaient construit pour guider les vaisseaux se dirigeant de la Grande-Bretagne vers la Gaule, lequel était connu dans le pays sous le nom de *Tour d'ordre*, corruption probable de la dénomination latine *Turris ardens.* La construction des phares a marché dans l'Europe moderne parallèlement aux progrès du commerce maritime; mais c'est surtout depuis le commencement du siècle actuel qu'elle a pris un développement considérable, et il n'est point aujourd'hui de nation civilisée qui ne s'occupe de munir son littoral de ces utiles appareils dont on doit les plus grands perfectionnements au génie d'un illustre ingénieur français, Augustin Fresnel (*).

Mais tout n'est pas fait pour la sûreté du navigateur lorsqu'on lui a fourni les moyens de reconnaître le voisinage des côtes et de diriger sa marche à leur approche. Malgré toutes les précautions prises, tous les signaux établis pour lui faire apercevoir de loin, soit les points où il trouvera un abordage facile, soit les écueils qu'il doit éviter, il n'est pas toujours en son pouvoir de profiter de ces indications bienfaisantes. Parfois elles resteront cachées à ses yeux par quelque circonstance atmosphérique, telle qu'une chute de neige abondante ou une brume épaisse comme il s'en élève souvent à la surface de la mer. D'autres fois une violente tempête, la rupture d'un gouvernail ou d'une mâture qui ne permet plus au navire de se diriger, parfois même une méprise du navigateur sur la nature des signaux placés devant ses yeux, l'amèneront sur des écueils dont il ne lui sera pas possible

(*) Un ouvrage des plus remarquables sur l'éclairage et le balisage des côtes de France a été publié par M. Reynaud, inspecteur général des ponts et chaussées chargé de la direction de ce service. — Un volume in-4° avec atlas. — Imprimerie impériale, 1864.

Digitized by Google

de se dégager et qui, s'ils ne brisent pas immédiatement son navire, le condamnent à une immobilité complète, presque toujours même à une destruction prochaine, et obligent ceux qui le montent à l'abandonner, sous peine de périr. C'est alors que commence l'œuvre dont nous avons à nous occuper, le sauvetage des naufragés, laquelle consiste à leur fournir un moyen de gagner la terre ferme. Il arrive quelquefois que ceux-ci parviennent à se sauver, soit par leur seule énergie lorsqu'ils se jettent spontanément à la nage, soit par le dévouement de la population riveraine qui, affrontant la mer en furie, forme sur la plage une chaîne continue pour aller les saisir au milieu des flots ; mais généralement le sauvetage ne peut s'opérer qu'à l'aide d'engins spéciaux consistant, soit en une embarcation qui, prenant les hommes à bord du navire en perdition, les amène à terre, soit dans l'établissement d'une corde tendue entre le rivage et le navire et le long de laquelle on fait glisser un sac ou une corbeille dans laquelle les naufragés se placent successivement et sont amenés à terre sans autre risque qu'une immersion plus ou moins complète dans la vague, si la corde n'a pu être tendue à un niveau suffisamment élevé au-dessus de la mer.

C'est ici le lieu de donner quelques explications sur chacun de ces deux procédés. Le premier pourrait, à la rigueur, être pratiqué par l'équipage lui-même s'il existait à bord du navire en détresse des embarcations assez légères et assez solides à la fois pour cet usage qui exige, sous ce double rapport, des qualités particulières. Mais, quant au second procédé, il est bien évident que, pour son emploi, les naufragés ne peuvent se passer d'un secours extérieur ; en effet, quand bien même le navire posséderait des sacs ou des corbeilles de sauvetage ainsi que les appareils nécessaires pour lancer à terre la corde le long de laquelle ces engins devront glisser, il faudrait encore qu'il se trouvât sur le rivage quelqu'un pour la recevoir et la fixer à un point d'amarrage

convenable. Du reste, l'œuvre du sauvetage, partout où elle existe, est établie dans la supposition que les naufragés ne possèdent à bord de leur navire aucun moyen de se mettre en communication avec la terre.

Cela posé, expliquons d'abord en quoi consiste le second de ces deux procédés, lequel est généralement connu sous le nom de *va-et-vient*. La première opération que l'établissement du *va-et-vient* nécessite, c'est de faire passer une corde de la rive à bord du bâtiment en détresse. Pour cela, il faut envoyer jusqu'au navire ou, pour mieux dire, au delà de ce navire, un projectile entraînant avec lui une corde fine ou, comme disent les anglais, une ligne présentant à la fois assez de résistance pour ne pas se rompre et assez de ténuité pour n'être pas trop lourde. L'envoi de ce projectile, que l'on nomme *porte-amarre* à cause de sa destination, était un problème difficile à résoudre et pour lequel des solutions très-diverses ont été tentées. Sans entrer ici dans le détail de ces différentes solutions, détail sur lequel nous reviendrons plus tard, nous devons de suite faire remarquer que l'opération est loin d'être terminée lorsqu'on a envoyé une ligne à bord du navire en perdition ; que c'est là seulement le préliminaire indispensable de l'établissement du *va-et-vient* qui doit soustraire à la mer les naufragés. A l'autre extrémité de cette ligne, celle qui est restée à terre, est attachée une seconde corde plus forte que la première ; celle-ci est sans fin et passée dans une poulie que l'équipage amène à bord pour être fixée, soit aux mâts du navire si la tempête les a épargnés, soit à la partie la plus élevée du bâtiment si les mâts n'existent plus. Au moyen de cette seconde corde, les hommes placés sur le rivage envoyent le bout d'une forte amarre que l'équipage attache un peu au-dessus de la poulie, et le long de laquelle se meut une autre poulie soutenant la corbeille ou le sac en toile dans lequel se placent successivement les naufragés. C'est ce sac qui, glissant sur l'amarre

Digitized by Google

inclinée par l'effet simultané de la gravitation et de la traction exercée par les sauveteurs, conduit à terre, non sans émotion pour les témoins comme pour les acteurs de cette scène, le précieux fardeau qui lui est confié. Ce procédé est certainement le meilleur lorsqu'il est praticable, parce qu'il n'expose pas la vie des sauveteurs; mais il ne peut évidemment être employé que lorsque l'échouage du navire a lieu assez près de la côte, c'est-à-dire à une distance ne dépassant pas 300 mètres, même quand on peut disposer, pour les porte-amarres, des moyens de lancement les plus énergiques. Si, au contraire, le navire échoué est plus loin de la côte, il faut absolument, pour secourir l'équipage, recourir à l'autre procédé, c'est-à-dire à l'emploi du canot de sauvetage.

Ces canots (*) se distinguent des embarcations ordinaires par diverses propriétés tout à fait indispensables pour qu'ils puissent remplir leur destination.

En premier lieu, il faut qu'un bateau de ce genre soit en même temps léger pour être facilement transportable, et d'une solidité à toute épreuve pour pouvoir supporter les chocs violents auxquels il sera nécessairement exposé. On obtient ce double résultat en construisant la coque sans membrure intérieure, avec deux séries de bordages superposés et croisés à angle droit qui lui donnent une grande force de résistance sans en augmenter sensiblement le poids.

En second lieu, le canot de sauvetage doit être insubmersible, et l'on parvient à le rendre tel en fixant dans son intérieur un certain nombre de boîtes ou chambres remplies, soit d'air, soit de morceaux de liége, qui le maintiennent à flot alors même que, déjà chargé de monde, il vient à être rempli par une lame.

Une disposition qui n'est pas moins essentielle, c'est que le bateau puisse se débarrasser, seul et sans retard, de toute

(*) Voir la légende à la fin du mémoire.

Digitized by

l'eau qui y sera entrée. Cette prompte évacuation s'obtient en établissant le plancher, non pas au fond comme dans les embarcations ordinaires, mais à quelques centimètres au-dessus du niveau de l'eau extérieure : ce plancher, que l'on rend imperméable, est percé de six trous correspondant à d'autres trous d'égale dimension pratiqués dans la coque du bateau. A ces trous sont adaptés, au ras du pont, des tubes métalliques munis de soupapes qui, se fermant de bas en haut, s'opposent à l'introduction des eaux ascendantes, celles de la mer sur laquelle repose le fond du canot, mais livrent un libre passage aux eaux descendantes, celles embarquées dans la carène. Par ce moyen il n'en reste jamais sur le pont.

Enfin il faut que le canot jouisse de la propriété de se relever automatiquement si la violence de la mer vient à le faire chavirer, soit sur le côté, soit la quille en l'air. C'est en fixant sous celle-ci une forte quille en fer qu'on lui donne cette propriété. Grâce à l'opposition qui existe entre la légèreté de sa partie supérieure et la pesanteur considérable de sa quille, le canot revient opiniâtrement à sa position normale, même au milieu des mers les plus agitées. Cet effet mécanique est absolument semblable à celui d'un petit jouet bien connu des enfants sous le nom de *Prussiens*, lequel consiste en de courts bâtons de moëlle de sureau garnis d'un petit disque en plomb à leur extrémité inférieure et qui, de quelque manière qu'on les place, reprennent instantanément la position verticale. Le canot de sauvetage est d'ailleurs garni extérieurement d'un cordage fixé par de forts anneaux et formant une série de festons auxquels peuvent s'accrocher les personnes encore dans l'eau et qui permettent aux hommes de l'équipage, lorsque le bateau vient à chavirer, de ne point s'en séparer, puis d'y reprendre leur place dès qu'il est revenu à sa position normale.

Pour assurer la durée d'un canot de sauvetage et, en même temps, pour le rendre disponible à tout instant, il

faut qu'il soit placé en un lieu qui ne l'expose, ni aux injures du temps, ni à la violence des lames, et néanmoins qu'il soit à proximité de la mer. Pour cela, on remise habituellement ces canots dans des abris en maçonnerie construits auprès des points signalés par les naufrages les plus fréquents et, d'un autre côté, pour qu'ils puissent en être tirés à volonté et sans perdre de temps, chacun d'eux est monté sur un chariot destiné à le transporter vers le lieu du sinistre et disposé de manière à permettre d'en opérer le lancement même sur une plage où déferle la mer en furie. Il faut, d'ailleurs, que l'armement soit toujours prêt, que l'équipage qui doit monter l'embarcation soit bien dressé à sa manœuvre et habitué à se réunir au premier appel.

L'appareil que nous venons de décrire peut évidemment être employé quelle que soit la distance qui sépare de la côte le bâtiment en détresse. Aussi est-ce celui dont on se sert le plus habituellement, l'autre système, le *va-et-vient*, n'étant (ainsi qu'on l'a vu) applicable qu'à de courtes distances. A la vérité, l'emploi du canot présente l'inconvénient d'exposer les sauveteurs à plus de dangers; néanmoins on doit dire qu'avec la perfection apportée aujourd'hui à la construction et à l'armement des bateaux de sauvetage, on a rarement des pertes à déplorer dans le personnel de leurs équipages.

Outre les appareils ci-dessus, il en a été étudié beaucoup d'autres pour le sauvetage des naufragés. Ainsi l'on a proposé l'établissement d'un bateau-radeau composé de sacs en caoutchouc susceptibles d'être gonflés rapidement et de recevoir un grillage en bois pouvant supporter un certain nombre de personnes. Ainsi encore un constructeur de Dunkerque, M. Malo, a proposé de rendre la dunette des navires étanche et amovible à volonté de manière à ce qu'elle puisse flotter seule et fournir un refuge à l'équipage si le navire venait à sombrer. On a pu voir à l'Exposition universelle des modèles de ces appareils, ainsi que de beaucoup

Digitized by

d'autres étudiés dans le même but ; mais, comme leur destination est d'être placés à bord des bâtiments tandis que nous ne nous occupons ici que du matériel des sociétés de sauvetage, lequel doit habituellement rester à terre, comme, d'ailleurs, un grand nombre d'entre eux n'ont pas encore reçu la sanction de l'expérience, nous croyons devoir nous borner à cette indication.

II.

Après ces détails sur les moyens employés pour le sauvetage des naufragés, détails peut-être un peu longs, mais nécessaires pour l'intelligence complète de la question, il convient de tracer ici sommairement l'histoire de cette œuvre d'humanité dans les différentes contrées de l'Europe. Malheureusement, cette histoire a un prologue qui fait (il faut bien le dire) peu d'honneur à l'espèce humaine. Avant de parler de ceux qui s'occupent de diminuer le nombre des naufrages, ou tout au moins d'en adoucir les conséquences, il faut dire quelques mots de ceux qui cherchent à les multiplier, autrement dit des *naufrageurs*, s'il nous est permis d'employer ce mot non encore usité dans la langue française. Tandis que des hommes bienfaisants s'occupaient d'éclairer les côtes pour avertir les navigateurs des dangers qui les attendaient, d'autres hommes, mus par une cupidité sauvage, se faisaient un jeu d'allumer des feux trompeurs pour attirer les navires sur les écueils et s'approprier les débris des naufrages qu'ils avaient provoqués.

Le plus ancien des naufrageurs paraît être ce Nauplius, roi de l'île d'Eubée et père de Palamède, qui, voulant se venger de la perte de son fils, injustement mis à mort par les Grecs pendant le siége de Troie, fit allumer, la nuit, des feux sur les rochers dont son île était environnée afin d'y attirer leurs vaisseaux, et fit ainsi périr la plus grande partie de leur flotte.

Malheureusement sa race ne s'est jamais éteinte et, sans rechercher les souvenirs que l'antiquité nous a légués à cet égard, il est certain qu'au moyen âge il n'était pas un hameau placé au bord de la mer qui ne regardât comme un des avantages de sa situation l'échouement d'un navire dans son voisinage, les épaves revenant de droit à ceux qui les recueillaient. Au x^e siècle, on les considérait comme la propriété du souverain régnant sur la terre où elles abordaient : ce droit, connu sous le nom de droit de *bris* ou de *lagan* était levé au profit des rois et ducs de Bretagne jusqu'à la Rochelle et Bordeaux. Dans certaines localités il était assez productif pour qu'un gentilhomme breton sollicité par un juif d'acheter un diamant magnifique, ait pu dire, en lui montrant un récif situé près de son château et que la marée montante commençait à couvrir : *Voici qui vaut toutes les pierreries de votre écrin.*

Dans cette même province de Bretagne, les habitants du littoral, pour mieux tromper les nautoniers, promenaient pendant la nuit, le long de la côte, une vache entre les cornes de laquelle ils suspendaient un fanal : le mouvement de l'animal, pendant sa marche, imprimait à la lumière un balancement analogue à celui d'un vaisseau, et le malheureux navigateur, se croyant loin de la terre ferme, avançait sans défiance vers les écueils où sa perte était certaine. Lorsqu'il était assez heureux pour atteindre le rivage, il y trouvait quelquefois des assassins, toujours des spoliateurs. Au dire d'un témoin oculaire, cet état de choses subsistait encore en 1794, et les habitants, hommes et femmes, ne craignaient pas d'attaquer la force publique lorsqu'elle voulait s'opposer à leurs déprédations.

Ce n'est pas seulement sur les côtes de Bretagne qu'existaient ces odieux usages. D'après des recherches récentes et très-dignes de foi, des dangers analogues attendaient le navigateur dans le golfe de Gascogne, et les populations landaises, composées en grande partie de pirates, essayaient

par des signaux trompeurs de faire échouer les embarcations afin d'exercer l'horrible droit de bris. De lugubres histoires de ce genre existent encore dans la mémoire des gens du pays, et, s'il fallait en croire certains indices, les regrets de ce temps de meurtre et de pillage ne seraient pas encore éteints dans quelques localités riveraines de la mer.

L'Angleterre elle-même, malgré toutes ses institutions philanthropiques, ne paraît pas plus avancée que la France à cet égard. En effet, sans parler de ses *wreckers* ou naufrageurs de la Cornouaille qui avaient autrefois une réputation terrible, et qui ont fourni plus d'un épisode au roman et au théâtre anglais, quarante ans à peine se sont écoulés depuis le naufrage du brick grec le *Cimoni* qui, brisé en 1825 à Alderney, donnait lieu aux scènes de pillage les plus révoltantes. Bien plus, en 1866, un journal de Londres, le *Morning-Post*, appelait l'attention du gouvernement anglais sur la coutume barbare des habitants des côtes qui allument des feux sur le rivage pour faire échouer les navires et s'en partager les débris. Suivant le même journal, cette coutume, autrefois particulière au comté de Cornouaille, semblerait s'être répandue dans celui de Durham, sur les côtes de la mer du Nord, ce que tend à prouver le grand nombre de navires perdus récemment entre Sunderland et Tynemouth sur des rochers où l'on avait vu briller de faux signaux, sans que jamais aucun phare y ait été établi. Enfin il faut dire que, si l'Angleterre marche à la tête des autre nations au point de vue de l'organisation du sauvetage, il existe aussi chez elle, et uniquement chez elle, des associations de marins désignés sous le nom de *naufrageurs* et qui méritent véritablement ce nom. Seulement, au lieu de provoquer le naufrage et d'attendre les épaves à la côte, ces hommes vont les chercher en mer. Montés sur des embarcations qui rôdent sans cesse dans le voisinage des bancs, dès qu'un petit navire leur est signalé, ils se dirigent vers lui, l'accostent, montent à bord, s'em-

Digitized by Google

parent, bon gré mal gré, de la barre et du commandement, et le mènent dans le port le plus voisin; puis, à la faveur d'une législation qui met les armateurs à leur discrétion, ils exigent une rançon souvent égale, parfois même supérieure à la valeur du navire, en sorte que l'industrie du sauvetage est devenue voisine de la piraterie. Le mal est arrivé à un tel excès que l'opinion publique s'en est émue, non-seulement en France, mais en Angleterre même, où le gouvernement s'est vu assailli de plaintes élevées par ses nationaux.

Mais, laissant de côté ces faits odieux, rentrons dans un ordre d'idées plus consolant et reprenons l'histoire de l'organisation du sauvetage.

L'idée de la création des bateaux de sauvetage ou *Life-boats* remonte à la fin du siècle dernier, et c'est à l'Angleterre, ce pays essentiellement maritime, qu'en appartient l'honneur (*). On pourrait être tenté, d'après quelques indices, de faire remonter l'origine de cette invention à l'année 1785 et de l'attribuer à un certain Lionel Lukin, carrossier de Londres; mais il paraît douteux que le canot dont il avait fourni le modèle ait jamais été soumis à l'épreuve de la tempête, et l'opinion qui attribue cette découverte à un S[r] Greathead, constructeur de navires à Shields, semble mieux fondée. En effet, il est bien établi qu'en 1789, à la suite d'un naufrage qui eut lieu à l'embouchure de la Tyne, une réunion d'habitants de South-Shields proposa un prix pour la construction d'un bateau de sauvetage; qu'un particulier du nom de *Greathead* parvint, après plusieurs années d'expériences, à mériter le prix et que le parlement lui vota, à titre de récompense, une somme de 1 200 livres sterling, indépendamment de celles qu'il reçut de diverses corpora-

(*) Telle était l'opinion accréditée jusqu'à ces derniers temps; mais, ainsi qu'on le verra plus loin, il résulte de documents récemment publiés que la France peut revendiquer la priorité d'invention des canots de sauvetage.

tions. Cette idée paraît avoir ensuite sommeillé pendant un certain nombre d'années; mais, en 1823, de terribles naufrages ayant désolé les côtes de l'Angleterre, un honorable baronnet, sir William Hellary, voulant prévenir le retour de semblables désastres, ou tout au moins en atténuer les conséquences, fit un appel à ses concitoyens en faveur des marins naufragés et, réuni à un riche marchand de Londres, sir Thomas Wilson, membre du parlement, parvint le premier à fonder une société de sauvetage qui dota les côtes du Northumberland d'un service régulier. D'autres sociétés tentèrent d'imiter celle-ci, notamment dans le comté de Cornouaille; mais, dépourvues d'une direction centrale, elles ne tardèrent pas à languir. L'intérêt qu'elles avaient d'abord inspiré se ralentit et, de 1840 à 1849, la lutte contre les sinistres maritimes ne fut continuée que par des efforts isolés, par conséquent peu efficaces. Toutefois, dans le cours de cette dernière année, l'attention publique ayant été de nouveau éveillée par une violente tempête qui occasionna d'affreux désastres, entr'autres la perte de vingt pilotes sur vingt-quatre qui montaient un bateau de sauvetage dirigé vers un navire naufragé à l'entrée de la Tyne, le zèle se ranima et l'on tenta de nouveaux efforts pour disputer à la mer ses nombreuses victimes. Mais cette fois, mieux éclairés par l'expérience, les souscripteurs substituèrent à des sociétés éparses une société centrale, ayant son siège à Londres et qui devint un foyer énergique imprimant à tous les établissements du littoral une direction active et intelligente. Le duc de Northumberland, ayant accepté la présidence de cette société, proposa un prix pour la construction du meilleur bateau de sauvetage et, en février 1851, la société chargée de décerner le prix n'eut pas à examiner moins de 280 modèles ou plans dont 37 seulement furent soumis à un examen définitif. C'est parmi ces 37 que prévalut le projet de M. Beeching, lequel, amélioré par M. Peake, a donné le meilleur bateau de sauvetage que

Digitized by Google

l'expérience ait consacré en Angleterre. Ce bateau est *self-righting*, c'est-à-dire qu'il a la propriété que n'avait point l'ancien canot Greathead, de se redresser de lui-même, et c'est celui qu'emploie le plus généralement l'association fondée par le duc de Northumberland, association aujourd'hui connue sous le nom de *the royal national Life-boat institution*. A la fin de 1864, il existait sur les côtes d'Angletere 186 life-boats dont 134 appartenant à l'Institution royale. En outre, le littoral anglais présentait 243 stations de porte-amarres et 402 stations pourvues de ceintures de sauvetage (*). Ces deux dernières classes d'engins de secours confiés aux gardes-côtes sont sous la direction du *Board of trade* (ministère du commerce), à la charge du budget de la marine marchande et aussi, dans une certaine proportion, de celui de la marine royale. D'après le rapport annuel présenté le 28 février 1867 par le comité de l'association des *Life-boats*, cette société possède actuellement 174 bateaux en service sur les côtes du Royaume-Uni. Depuis son origine jusqu'à cette époque, elle avait contribué au salut de 15 901 personnes secourues par ses embarcations ou par des actes de dévouement particuliers pour lesquels elle avait décerné des récompenses. Dans ce même laps de temps, elle avait dépensé 1 490 400 francs pour l'établissement de canots de sauvetage, décerné 83 médailles d'or, 773 médailles d'argent et des récompenses pécuniaires pour une somme de 614 000 francs. Ses recettes

(*) Cet appareil, inventé par le capitaine Ward, inspecteur de la société des *life-boats*, et aujourd'hui très-répandu en Angleterre, consiste en une série de morceaux de liége longs et étroits, fixés latéralement l'un à l'autre par de petits cordages entrelacés et formant un plan à articulations susceptible de se convertir en un cylindre lorsqu'on rapproche ses deux arêtes extrêmes. Ce cylindre enveloppe depuis les hanches jusque sous les aisselles le corps de l'homme qui le porte et y est fixé à la fois par une courroie formant ceinture et par deux bretelles entre-croisées passant sur les épaules.

Digitized by Google

en 1866 s'étaient élevées à 1 042 900 francs, et elle possède actuellement un capital placé de 1 155 500 francs.

Après l'Angleterre, le Danemark est, de toutes les nations maritimes, celle où le service du sauvetage des naufragés a été le plus anciennement établi et a reçu l'organisation la plus complète. Ce n'est point, d'ailleurs, l'œuvre de la bienfaisance privée; c'est un service public entretenu aux frais de l'État et placé sous la direction du ministre de l'intérieur. L'honneur de l'initiative prise à cet égard appartient entièrement à un simple inspecteur des côtes, M. Claudi. Cet homme courageux et dévoué avait été, dans l'exercice de ses fonctions, témoin de nombreux sinistres dont il s'était vu trop souvent impuissant à conjurer les fatales conséquences. En 1838, il se mit en rapport avec la société anglaise des *Life-boats* qui portait alors le nom de *Royal national institution for preserving life from shipwrecks.* Après avoir signalé à diverses reprises la nécessité d'établir des moyens de secours pour les équipages naufragés, il parvint enfin à obtenir que tous les postes du littoral fussent munis de lignes de sauvetage. Quelques années plus tard, à la suite d'un voyage qu'il avait entrepris à ses frais en Angleterre pour étudier sur les lieux le système organisé depuis longtemps déjà dans ce pays, il adressa au gouvernement danois, ainsi qu'à la société d'encouragement pour les progrès de la navigation, un mémoire très-développé qui fixa définitivement l'attention sur cette question si importante dans une contrée maritime, Le naufrage d'un navire anglais survenu, en avril 1847, sur les côtes du Jutland et dans lequel, malgré les efforts les plus courageux et les plus persévérants de la part de M. Claudi, secondé par les habitants de la côte, on ne put arracher à la mort que quelques hommes de l'équipage, acheva de démontrer l'urgence des mesures dont le mémoire précité avait demandé l'application. A la suite de cette douloureuse catastrophe qui eut un grand retentissement, on comprit la né-

cessité de se mettre à l'œuvre, et M. Claudi, envoyé cette fois en Angleterre pour se procurer des appareils de sauvetage, rapporta deux porte-amarres à fusées qui furent immédiatement installés. Il eut, en outre, à surveiller la construction de trois embarcations. D'un autre côté, pour procéder avec méthode et ensemble, le ministre de l'intérieur ordonna une inspection générale du littoral. Cette mesure fut suivie de la création d'une commission de sauvetage; M. Claudi, nommé directeur, eut la gestion des fonds ainsi que l'inspection du personnel et du matériel, et enfin, le 26 mars 1852, une loi régla définitivement l'organisation générale du service. Aujourd'hui les stations de sauvetage sont au nombre de 35, dont 21 pourvues de bateaux et d'appareils porte-amarres; 2, de bateaux seulement; 12, de porte-amarres seulement. Pendant les douze années écoulées de 1852 à 1864, les moyens de sauvetage organisés par le gouvernement danois ont secouru 1 272 personnes; 30 l'avaient été pendant la période d'établissement de cette organisation. C'est donc un total de 1 302 naufragés de toutes les nations qui en ont recueilli le bienfait.

D'autres pays encore ont établi des associations pour le sauvetage des naufragés. Ainsi il en existe une en Hollande ayant son siége à Amsterdam et dont l'origine paraît remonter à 1824. Cette société, réorganisée en 1864 sur de nouvelles bases, compte aujourd'hui vingt stations réparties sur les côtes de la Hollande.

Il en existe également une en Allemagne, mais de fondation beaucoup plus récente et tout à fait contemporaine de la société centrale de Paris, l'acte constitutif de l'une étant du 18 mai 1865, celui de l'autre du lendemain 19, et cela sans que les promoteurs de l'œuvre dans les deux pays aient eu connaissance de leurs projets et de leurs efforts respectifs. Cette association embrasse toute l'Allemagne du Nord et tient ses assemblées alternativement à Brême, Kiel, Hambourg et Lubeck. Sa fondation avait, du reste, été pré-

cédée par celle de sept sociétés partielles créées dans les quatre années précédentes, sur différents points du littoral germanique; ces sociétés se sont en partie fondues avec l'association centrale, en partie groupées seulement autour d'elle; néanmoins, à la fin de l'année 1866, cette association avait pris un développement considérable, non-seulement dans les contrées du littoral, mais encore dans les parties les plus centrales de l'Allemagne. D'après le compte rendu de ses travaux au 27 avril 1867, elle doit posséder aujourd'hui 28 stations de sauvetage.

Il existe pareillement en Suède des associations pour le sauvetage des naufragés qui se sont librement constituées; mais il paraît que ces associations ont donné lieu à quelques abus, parce que les pêcheurs et marins n'obéissant pas à une impulsion commune, et s'étant, au contraire, partagés en divers groupes, refusent de porter assistance aux navires échoués sur leurs côtes, autrement qu'avec l'intervention de la société spéciale à laquelle chacun d'eux est affilié, en sorte que les capitaines de ces navires sont obligés de souscrire avec lesdites sociétés des contrats souvent fort onéreux. Cet état de choses a donné lieu à des réclamations adressées par le gouvernement français au cabinet de Stockholm, et par suite desquelles ce dernier a donné aux gouverneurs des provinces des instructions tendant à appeler sur les opérations du sauvetage le contrôle des administrations locales en vue d'assurer l'exécution des lois et règlements protecteurs du commerce et des navigateurs.

Enfin, il résulte de documents émanés du ministère des affaires étrangères qu'il existe en Chine, depuis quarante-trois ans, une société de sauvetage établie sur les bords du Yang-Tseu-Kiang. Cette institution, alimentée par la charité privée, paraît avoir pris un assez grand développement, puisque, dans l'espace de trois années, de 1862 à 1864, le montant de ses recettes se serait élevé à 195 000 francs, et le nombre des personnes sauvées par elle à 2 592.

III.

Quoique imcomplet sur bien des points, l'historique qui précède nous paraît donner une idée suffisante de ce qui concerne la question du sauvetage chez les nations étrangères. Il nous reste maintenant à exposer ce qui a été fait en France pour arriver à la solution de cette question.

Jusqu'à ces derniers temps, l'invention des bateaux de sauvetage avait toujours été attribuée à l'Angleterre; mais il résulte de documents fort anciens que la France peut revendiquer la priorité d'idée de cette invention. On trouve, en effet, dans un ouvrage récemment publié par M. de Lalandelle, sous le titre de ***Naufrages et sauvetages***, que, dès l'an 1610, un certain chevalier de Razilly expérimentait aux Tuileries, par ordre de la reine Marie de Médicis, alors régente, une nacelle insubmersible. Dans une lettre datée du 17 juillet de la même année, Malherbe rend compte de cette expérience dont le résultat fut, dit-il, considéré comme magique. Cent soixante-six ans plus tard, c'est-à-dire en juin 1776, on faisait à Saint-Cloud l'essai d'un autre canot insubmersible inventé environ onze auparavant par un M. de Bernières, contrôleur général des ponts et chaussées. Du reste, ni l'une ni l'autre de ces inventions ne fut utilisée, et c'est seulement neuf ans plus tard qu'au sein de la Grande-Bretagne l'attention publique se tournait pour la première fois vers la question des bateaux de sauvetage. En ce qui concerne la France, c'est vers 1824, époque à laquelle l'œuvre du sauvetage commençait véritablement à se constituer en Angleterre, que l'on commença aussi à s'en occuper de ce côté-ci du détroit, mais exclusivement dans les trois ports les plus rapprochés de la côte anglaise, Boulogne, Calais et Dunkerque. A Boulogne, ville très-fréquentée, comme on le sait, par les Anglais, une association, composée en nombre à peu près égal de membres appartenant aux deux nations, se forma en 1825 sous le nom de

Digitized by

Société humaine et des naufrages. Elle avait ce double but : prévenir les accidents parmi les nombreux baigneurs qui, pendant l'été, fréquentent la plage, porter assistance aux bâtiments en péril et secourir les naufragés. Cette institution, qui compte aujourd'hui quarante-deux ans d'existence, n'a cessé, depuis son origine, de fonctionner de la manière la plus satisfaisante, et, à la fin de 1865, le nombre des personnes sauvées par elle s'élevait à 1 005. Mais ce n'était encore là qu'une œuvre partielle fort limitée, et l'exemple donné par les trois villes de la Manche ne trouva pas d'imitateurs sur nos autres rivages.

Vers 1835 seulement, une première tentative fut faite à Paris en vue de créer, sous le nom de *Société centrale des naufrages*, une association ayant pour but d'organiser sur nos côtes un service général et complet de secours pour les sinistres. A la tête de cette association figuraient plusieurs hommes connus par leurs travaux philanthropiques, tels que MM. Huerne de Pommeuse, Jomard, de Lasteyrie, etc... Un projet fut dressé pour former, dans nos ports principaux et près des attérages périlleux, des sociétés particulières qui se seraient chargées d'assurer le service de la localité. Ce projet, soumis au ministère de la marine, à l'Académie des sciences, à la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, recueillit partout des témoignages d'intérêt; néanmoins il demeura sans exécution, et deux nouvelles sociétés de sauvetage formées concurremment à Paris en 1841 n'eurent pas plus de succès. Il faut ensuite aller jusqu'aux premiers jours de 1848 pour trouver les traces d'une troisième tentative faite en vue d'organiser à Paris une société centrale de sauvetage des naufragés. A la tête des promoteurs de l'œuvre nouvelle se trouvait un artiste fort connu de tous ceux qui s'intéressent aux choses de la mer, M. Théodore Gudin; mais cette association ne put, malgré ses efforts, réunir un nombre suffisant d'adhérents, et elle ne donnait plus aucun signe

de vie lorsqu'en 1860 la question du sauvetage appela l'attention de M. Rouher, alors chargé du Ministère de l'agriculture, du commerce et des travaux publics. Déjà, à plusieurs reprises, ce département s'était occupé des mesures à prendre pour organiser, sur différents points du littoral, des moyens de sauvetage; mais ces mesures, bornées à quelques localités, ne pouvaient donner des résultats sérieux. Considérant cet état de choses comme une lacune dans les services confiés à sa direction, le ministre pensa que c'était pour le gouvernement une obligation de chercher les moyens de la combler. En conséquence, une commission fut constituée par les soins des trois départements de la marine, des finances et des travaux publics, et chargée d'étudier les mesures nécessaires pour organiser un système général de sauvetage. Après s'être fait rendre compte des causes et du nombre des sinistres ainsi que des moyens employés pour en secourir les victimes, après avoir constaté le peu d'efficacité de tout ce qui s'était fait jusqu'alors, cette commission indiqua, comme dispositions essentielles, l'établissement d'un certain nombre de postes de secours ainsi que la formation de sociétés locales auxquelles l'administration viendrait en aide par des dons de matériel et au besoin par des subventions en argent. Mais il fallait en outre créer un centre d'impulsion; car il était à craindre que, livrées à elles-mêmes et privées d'une direction commune, ces sociétés ne demeurâssent à peu près stériles : l'exemple de celles fondées antérieurement par des dévouements isolés sur le littoral français et l'expérience acquise en Angleterre sur une échelle beaucoup plus vaste ne justifiaient que trop les craintes qu'on pouvait concevoir à cet égard. D'un autre côté, ils paraissait difficile de centraliser entre les mains d'une administration unique un service dans lequel trois départements ministériels auraient eu à intervenir pour les instructions et ordres à donner. Ces considérations parurent prédominantes dans

les bureaux de la Marine comme dans ceux des Travaux publics, et il fut reconnu d'un commun accord que la combinaison qui présentait le plus de chances de succès était celle qui placerait la création et la direction générale du service du sauvetage entre les mains d'une société privée qu'aiderait le concours de l'administration. C'est alors que, sur l'appel du ministère de la marine, l'association à peu près morte de 1848 se ranima et parvint, dans les derniers jours de 1864, à se constituer sur de nouvelles bases. En deux mois, ce premier groupe de fondateurs avait réuni un assez grand nombre d'adhérents pour pouvoir former un premier conseil d'administration dont la présidence était acceptée par M. l'amiral Rigault de Genouilly, aujourd'hui ministre de la marine. Sous cette nouvelle impulsion la Société prit un prompt développement, et, le 17 novembre 1865, un décret impérial approuvait les statuts élaborés par le conseil d'administration, en même temps qu'il reconnaissait la Société comme établissement d'utilité publique.

Dès le mois d'avril 1866, un rapport présenté à l'assemblée générale au nom du conseil d'administration constatait que le montant des fonds recueillis jusqu'au 31 décembre 1865 par souscriptions, donations, etc., s'élevait à 314 921f.23, et qu'en y joignant le montant des recettes faites dans les premiers mois de 1866, ainsi que la valeur des maisons-abris destinées à remiser les canots de sauvetage, l'actif de la Société avait atteint le chiffre de 500 000 francs. Il résulte de ce même rapport que le sauvetage en France paraît pouvoir être convenablement desservi par l'établissement de 60 stations sur le littoral français, de 3 ou 4 sur les côtes de l'Algérie et de 5 ou 6 dans les colonies, en tout 70 stations à créer dont la dépense est évaluée à 1 100 000 francs. En joignant à cette dépense celle d'environ 200 postes de porte-amarres à établir auprès des stations et des postes de douanes, les

Digitized by Google

frais des équipages, etc., on évaluait à 1 500 000 francs le montant des ressources à réaliser pour compléter l'œuvre.

Un nouveau rapport présenté à l'assemblée générale tenue le 15 avril 1867 montre les progrès accomplis par la Société et sa position de plus en plus prospère. Ce rapport fait connaître que, d'après l'état des ressources disponibles, le conseil avait cru pouvoir s'occuper de l'installation de 34 stations dont 23 fonctionnaient déjà à cette époque et 11 étaient en voie de formation. Dans les quinze mois écoulés du 1er janvier 1866 au 1er avril 1867, la Société avait reçu en argent environ 240 000 francs, et la totalité de son actif à cette seconde date s'élevait environ à 750 000 francs, en telle sorte qu'elle avait réalisé à peu près la moitié de son programme. Du reste, les progrès de la Société n'étaient pas moins satisfaisants au point de vue du nombre des souscripteurs qui, dans l'intervalle d'une assemblée à l'autre, s'était élevé de 12 800 à 20 000 (*).

Après les questions relatives à la réunion d'un nombre de souscripteurs et d'un capital suffisant, questions vitales pour toute association, soit d'industrie, soit de bienfaisance, le premier objet dont le conseil d'administration avait dû s'occuper était évidemment le choix des engins à employer. Ces engins sont, ainsi qu'on l'a vu plus haut, de deux espèces : les bateaux et les porte-amarres.

En ce qui concerne les premiers, la décision fut promptement prise, l'avis des hommes spéciaux derrière lequel le comité désirait pouvoir s'abriter ne lui laissant aucune incertitude. En effet, une commission instituée à Cherbourg

(*) D'après le compte rendu de l'assemblée générale tenue le 16 avril 1868, la société comptait, à ce moment, 2 000 fondateurs, 25 000 souscripteurs, 303 personnes sauvées avec son concours, 44 stations de canots établies ou en voie d'établissement, sur lesquelles 31 étaient en service et 5 devaient l'être prochainement. Le chiffre des recettes de 1867 s'était élevé à 288 983f.47 et l'actif réel de la société était supérieur à 1 million.

par le ministre de la marine pour soumettre à des expériences comparatives les divers systèmes d'embarcations de sauvetage connus jusqu'à ce jour, se prononça unanimement pour les canots du type anglais comme réunissant les conditions de stabilité, de légèreté et d'insubmersibilité nécessaires pour une embarcation de ce genre. Dès lors l'hésitation n'était plus permise et les canots de sauvetage dont la Société avait besoin furent commandés d'abord à MM. Forrest and son, constructeurs de la Société anglaise, puis à des constructeurs français, notamment à M. Normand du Havre et à la compagnie des forges et chantiers de la Méditerranée.

Quant aux porte-amarres, la question était beaucoup plus difficile. En effet, parmi les divers appareils de ce genre usités en Angleterre, aucun ne paraissait complétement satisfaisant. Ainsi l'on se sert depuis longtemps, en ce pays, d'un petit mortier du poids de 70 kilogrammes, dit *mortier Manby;* mais la manœuvre en est peu commode. Plus tard on a commencé à employer un appareil à fusées dit *Rocket apparatus*, lequel est plus facile à manœuvrer et surtout à transporter; mais il offre ce double inconvénient, d'une part, que le projectile employé dévie trop facilement sous l'action du vent, et d'autre part, que ce projectile est d'une conservation difficile et dangereuse, en raison de la siccité parfaite qu'il exige et de la quantité considérable de poudre qu'il contient. En conséquence, le comité crut devoir se livrer à des recherches spéciales sur cette question, et, indépendamment des deux appareils anglais, il fit essayer d'autres systèmes très-différents. Ainsi il mit à l'étude une idée émise par un inspecteur des douanes, M. Villedieu, et consistant à se servir des armes à feu ordinaires, notamment des mousquetons dont sont armés les douaniers employés à la garde de nos côtes, pour envoyer des lignes de sauvetage à une distance de 100 mètres. Un officier d'infanterie bien connu par les perfectionnements qu'il a apportés dans

Digitized by Google

les armes de jet, M. Delvigne, fut chargé par elle d'étudier l'idée en question, et, après quelques essais, il arriva à construire un système de flèches en bois s'adaptant aux carabines de la douane et au moyen desquelles une ligne de 3 millimètres de diamètre peut être envoyée à 70 mètres avec une charge de poudre de 2 à 3 grammes. Ce procédé se distingue notamment par un système de coulant fort ingénieux pour fixer la ligne à la flèche, de manière à ce que, glissant le long de celle-ci, elle puisse la suivre sans se rompre. Appliqué avec succès à des flèches de bois pesant 200 grammes, ce système paraissait devoir être également applicable à une flèche en métal de plusieurs kilogrammes, et M. Delvigne pensa que là devait se trouver la solution du problème des porte-amarres à grande portée. Il tourna donc ses recherches de ce côté, et trois séries d'expériences faites en présence d'officiers de marine et d'artillerie, la première dans la Méditerranée à bord du vaisseau *le Louis XIV*, la seconde au camp de Châlons, la troisième à Cherbourg, permirent de constater les progrès réalisés successivement dans la mise en pratique de cette invention. Sans entrer ici dans les détails de ces expériences qui ont porté sur quatre espèces de bouches à feu, nous nous contenterons de dire que les hommes spéciaux ont trouvé la solution du problème tout à fait satisfaisante et que, parmi les armes essayées, l'espingole et le pierrier ont été reconnus comme suffisant parfaitement à toutes les opérations du sauvetage, le premier pour les distances de 180 mètres et au-dessous, le second pour les portées de 300 mètres. Voici donc le système auquel la Société s'est arrêtée définitivement pour son artillerie de sauvetage : la flèche porte-amarre, en bois ou en métal, lancée suivant les portées à atteindre par trois espèces de bouches à feu, le mousqueton ou la carabine, l'espingole et le pierrier. Quant à la manœuvre de ces engins, excepté sur les points où il existe des stations principales munies de

canots de sauvetage avec leurs équipages organisés, elle est exclusivement confiée aux agents de l'administration des douanes qui forment un personnel d'élite, plein de cœur et d'énergie, et habitué depuis longtemps à tendre une main secourable aux naufragés, même avant qu'il eût reçu d'autre mission que celle qu'il tenait de son courage et de son humanité.

Un exemple ne nous paraît pas inutile pour faire apprécier l'œuvre du sauvetage : celui que nous choisissons nous semble très-propre à montrer, et l'utilité du matériel créé par la Société, et tout ce que ces luttes de l'homme contre la mer ont d'émouvant, tout ce qu'elles supposent de dévouement et d'intrépidité de la part du personnel appelé à y concourir. C'est à la station de Gravelines que s'est opéré, le 17 janvier 1867, le sauvetage que nous allons essayer de raconter. Ce jour là, pendant une horrible tempête qui durait déjà depuis trente-six heures, un brick était jeté à la côte en un point distant du rivage d'environ 1 500 mètres. Aussitôt ce sinistre signalé, le canot de sauvetage était mis à la mer par son patron assisté d'un équipage composé en partie d'hommes de bonne volonté, plusieurs marins de l'équipage réglementaire se trouvant absents. Pendant que ce canot, luttant contre les flots déchaînés, s'acheminait avec les plus grands efforts vers le bâtiment échoué, un second bâtiment s'échouait à 400 mètres du premier, puis un troisième, une goëlette suédoise, poussée à la côte à 2 kilomètres plus loin, mouillait sur deux ancres et se trouvait en perdition. Après un accostage des plus difficiles, les sauveteurs parviennent à recueillir dans leur canot les sept marins composant l'équipage du premier navire et les ramènent à terre où l'un d'eux, presque expirant, n'est rappelé à la vie que par des soins prolongés. Les naufragés à peine débarqués, le canot reprend la mer quoique devenue plus furieuse encore, arrive jusqu'au second bâtiment, recueille et ramène à terre les huit hommes qui le montaient.

Mais, à ce moment, les forces des marins composant l'équipage du canot étaient complétement épuisées ; il fallait donc se résigner à laisser périr, corps et biens, le troisième navire qu'on avait devant les yeux. Heureusement les sauveteurs avaient pour chef un homme d'une rare énergie, le patron Leprêtre : il fait appel à leur courage en leur remontrant qu'ils ne peuvent abandonner des frères dont ils entendent les supplications : *Dieu et leur bonne embarcation*, tels sont les motifs par lesquels il cherche à leur donner confiance, et son appel est entendu. Deux des marins, exténués de fatigue et de froid, ne peuvent se rembarquer ; deux autres se présentent pour les remplacer. En vain la mer semble repousser le canot qu'ils s'efforcent d'y lancer une troisième fois. En réunissant leurs forces et se plongeant dans l'eau jusqu'aux épaules, ils parviennent à le remettre à flot : ils partent enfin, atteignent le navire, et bientôt les sept hommes qui le montaient sont ramenés sains et saufs. Ce long drame avait duré sept heures. Anxieuse et haletante, la population tout entière n'avait cessé de le suivre des yeux et, chaque fois, hommes et femmes s'avançant dans la mer étaient venus, au milieu des brisants, former une chaîne vivante et se passer de bras en bras les vingt-deux victimes que le canot venait d'arracher à la mort. Un si noble et si courageux dévouement, tant de périls affrontés avec une persistance si rare, ne pouvaient évidemment rester sans récompense ; aussi des médailles furent décernées tant par le comité de la Société centrale de sauvetage que par le ministère de la marine, aux auteurs de cette lutte mémorable, et celui auquel en revenait le principal honneur, le patron Leprêtre, reçut la plus éclatante des récompenses à laquelle puissent aspirer, en France, le courage militaire ou civil, la croix de la Légion d'honneur.

De tels faits honorent, et la nation au sein de laquelle ils se produisent, et l'association qui les a provoqués par son initiative en même temps qu'elle les a rendus possibles par

les engins qu'elle met à la disposition de nos intrépides marins. Ils ne sauraient évidemment recevoir trop de publicité. Aussi la Société centrale de sauvetage, voulant ne négliger aucun moyen de faire connaître son œuvre et de la développer par la plus efficace des propagandes, le tableau des services rendus, a-t-elle cru devoir fonder, sous le titre d'*Annales du sauvetage maritime*, un recueil spécial dans lequel elle vient tous les mois rendre compte au public de ses projets, de ses travaux, de leurs résultats espérés ou obtenus, en y joignant d'ailleurs des documents fort intéressants, tels que des articles météorologiques, des études statistiques sur les naufrages en France et en Angleterre, des détails sur l'œuvre du sauvetage dans les différentes contrées maritimes, ainsi que sur les sociétés récemment créées en divers points de la France.

D'un autre côté, la Société n'a pas cru devoir négliger le moyen tout naturel de publicité que lui offrait l'Exposition universelle de 1867. Elle a pensé qu'il était de son devoir de prendre place dans ce grand congrès de l'intelligence et du travail et, par ses soins, l'emplacement que lui avait affecté la commission impériale a reçu une construction reproduisant exactement une des maisons-abris sous lesquelles sont remisées ses embarcations. Dans cette maison était installé un canot de sauvetage reposant sur son chariot et tout prêt à prendre la mer; le long des parois figuraient, déposés comme ils le sont dans une station ordinaire, les engins composant un matériel complet de sauvetage. Cette exposition, placée non loin de celle de la Société anglaise des *Life-boats*, soutenait sans désavantage la comparaison, et, à ne considérer que la perfection du matériel, l'hésitation entre les deux eût été certainement très-permise.

IV.

Tout incomplet qu'il puisse être, l'exposé qui précède nous paraît établir suffisamment que l'œuvre du sauvetage maritime, cette œuvre si éminemment *humaine* puisqu'elle a pour but de venir en aide à tous les *hommes* exposés aux dangers de la mer, sans aucune acception de nationalité, est chez nous en excellente voie. Sur ce terrain, comme sur plusieurs autres, la France n'a réellement d'autre rivale que la première des puissances maritimes de l'Europe, l'Angleterre. Si celle-ci est plus avancée que nous au point de vue dont il s'agit, si la récompense la plus élevée, le grand prix hors classe, vient d'être décerné à sa Société de sauvetage par le jury international, tandis que la Société française a obtenu seulement la médaille d'or, nous ne devons, ni nous en étonner, ni en être jaloux. D'une part, en effet, la date de ses premiers essais lui donne sur nous une avance de quarante ans, et, d'autre part, on ne peut méconnaître que cette œuvre ait pour l'Angleterre où le nombre des naufrages et accidents de mer est annuellement d'environ 1 500, une plus grande importance que pour la France où, d'après les relevés nouvellement faits, ce nombre est seulement de 246. Quoiqu'il en soit, si l'on en juge par la rapidité des progrès qui ont été réalisés dans notre pays depuis la fondation de la Société centrale de sauvetage, c'est-à-dire en moins de trois ans, il y a tout lieu d'espérer que cette Société parviendra à terminer, dans un avenir prochain, la tâche qu'elle s'est imposée, celle d'organiser, en nombre suffisant, des moyens de secours contre les désastres de mer sur tout le littoral de la France et de ses colonies. Pour accomplir une tâche analogue, pour construire sa flotte de *Life-boats*, l'Angleterre a dû faire appel (*), non-seulement

(*) Voir dans la *Revue des Deux Mondes* (numéro du 15 mai 1864) un article sur l'institution des *Life-boats*.

aux croyances chrétiennes, mais encore à la poésie et à l'éloquence : plusieurs des actes de courage et de dévouement auxquels a donné lieu la lutte entreprise par les marins anglais, quelquefois même par de simples femmes, pour arracher des victimes à la fureur des flots ont été célébrés à l'envi par la peinture, la musique et le théâtre. Sans dédaigner en quoi que ce soit de tels auxiliaires, nous pouvons nous féliciter, je crois, de n'avoir pas eu besoin d'y recourir : n'est-il pas honorable en effet, pour notre temps et pour notre pays, qu'il ait suffi d'un appel fait aux sentiments d'humanité et à la charité chrétienne pour que les cœurs se soient émus, pour que, sans le secours des excitations artificielles même les plus permises, la naturelle beauté de l'œuvre lui ait conquis le plus large concours dans tous les rangs de la société, les plus humbles comme les plus élevés, et en ait assuré le succès?

Paris, le 26 novembre 1867.

LÉGENDE DES FIGURES.

Planche 168.

Fig. 1, 2 et 3. — Détails du bateau de sauvetage.

A Tambours en dos d'âne formant caisses à air et sur lesquels le bateau porte quand il est chaviré, ce qui le met en équilibre instable. — B Quille en chêne d'un seul morceau reliée à l'étrave C et à l'étambot D par des plaques de fer entaillées dans toute leur épaisseur. — E fausse quille en fer forgé, d'un seul morceau, doublant dans toute sa longueur le dessous de la quille à laquelle elle est fixée par des chevilles à têtes fraisées dont les écrous se serrent sur la carlingue F. — G vingt-quatre barreaux transversaux supportant le pont et s'appuyant eux-mêmes sur la lisse intérieure L que soutiennent les onze varangues V par lesquelles est maintenu le fond de la coque. — P pont du bateau

élevé à ses deux extrémités de manière à ramener l'eau embarquée vers le centre où elle trouve des issues.— H trois écoutilles pratiquées dans le pont et fermées par des panneaux. — I pompe à main placée dans le panneau du milieu et destinée à extraire l'eau de la cale. — K bancs au nombre de cinq, répartis à égales distances entre les coffres avant et arrière. — M et N lisses intérieures régnant au-dessus des bans et dans toute la longueur.— Q liston en chêne placé à l'extérieur et servant de point d'attache aux guirlandes en corde qui entourent le bateau. — R deux ventrières placées sous l'embarcation parallèlement et à $0^m,66$ de chaque côté de la quille, destinées à soutenir la coque lorsque le canot est sur son chariot. — S fortes carlingues latérales placées à l'intérieur et correspondant aux deux ventières.—T caisses à air, au nombre de 28, destinées à rendre le bateau insubmersible en ne laissant que très-peu d'espace à l'eau de mer qui parviendrait à s'y introduire, soit sur le pont, soit dans la cale. — U six puits à soupape disposés au centre du pont, traversant le pont de part en part pour que l'eau embarquée s'écoule d'elle-même et munis intérieurement d'une soupape automotrice qui cède seulement à une pression venant du dessus. — X bittons de halage. — Z Marchepieds servant de points d'appui aux pieds des rameurs.

Fig. 4. — Tracé des couples du bateau sur lequel sont figurées les lignes d'eau.

Fig. 5 et 6. — Coupes longitudinale et transversale d'une maison abri. On y voit le bateau placé sur son chariot et prêt à être conduit à la mer.

Fig. 7. Élévation d'une ceinture de sauvetage suivant le système du capitaine Ward. Ce système peut être simplifié par l'emploi de larges plaques de liége cousues sur une bande de toile. Cette dernière disposition est celle des ceintures que la société centrale française fait maintenant confectionner et qu'elle cède aux marins à prix coûtant.

N° 186

NOTE

Sur le frein Stilmant.

Par MM. ALLAIN et STILMANT.

Le frein Stilmant est ainsi composé :

1° Deux suspensions A fixées aux châssis (Pl. 168, *fig.* 8 à 13) dont l'une sert de glissières à des coins articulés B au milieu, afin de leur permettre de suivre l'angle des glissières ou coulisses du coin, quand les roues du véhicule et les sabots C du frein s'usent ;

2° Deux bielles D de pression des sabots avec écrous de réglage ;

3° Un arbre horizontal E sur lequel sont calés deux petits leviers F et un grand levier G à l'extrémité duquel est fixée la vis H munie de son volant et de ses supports.

Le frein Stilmant est suspendu au châssis du wagon comme les freins ordinaires. Il peut aussi s'appliquer sur les longerons fixés sur les boîtes à graisse, comme l'indiquent les figures.

Les sabots sont en fer ou en acier fondu coulé. Ils sont pleins ou évidés au milieu. Le sabot évidé au milieu de la partie frottant sur les bandages porte le nom de sabot à courant d'air parce que, pendant l'action du serrage, il laisse circuler un courant d'air entre le sabot et le bandage. L'évidement, en outre, évite la formation de grains durs qui, parfois, détériorent les bandages. Par sa disposition spéciale et par son action sur certaines parties, il rectifie le profil. Les sabots agissent assez fortement pour

que d'un calage à l'autre ils fassent disparaître les méplats formés sur les roues par le glissement sur le rail. Ils ont l'avantage d'en maintenir toujours la forme ronde.

Par la disposition des angles et d'œils ménagés dans les suspensions le frein Stilmant agit par entraînement, c'est-à-dire que les roues du véhicule aident à s'arrêter elles-mêmes.

Le frein Stilmant est symétrique; il agit également quel que soit le sens et la marche du véhicule. Quoique suspendu au wagon, il n'a pas, comme les autres freins suspendus, l'inconvénient de rendre la caisse du wagon rigide avec les roues et le châssis. Quand il est serré et que les roues sont calées, les œils ou coulisses qui permettent l'entraînement des sabots, permettent aussi le fonctionnement des ressorts de suspension du wagon dans une certaine limite qui évite la trépidation.

Le frein Stilmant est très-facile à serrer et à desserrer. Son avantage sur les autres freins à vis ou à main est de produire instantanément (2 ou 3 secondes) une grande pression sur les roues au moyen d'un volant que l'homme de service manœuvre et dirige à volonté. La combinaison du frein est un aide à l'instantanéité de son fonctionnement, elle peut être utilisée pour faire agir les freins ordinaires par entraînement.

Dans les freins ordinaires, quand les pressions sont grandes, les frottements nuisent considérablement à leur bon fonctionnement; dans les freins Stilmant ils sont nuls ou du moins beaucoup moindres, parce que tout l'effort du frein se reporte sur les coins qui ont une surface relativement grande si on la compare avec celle des freins ordinaires. La trépidation du wagon est un aide pour l'introduction du coin. Chaque centimètre carré supportant peu de la pression totale, la conséquence est que les surfaces ne peuvent gripper.

Il faut remarquer ici que les axes des sabots, des coins,

Digitized by

des suspensions, etc., n'agissent que par pression et qu'ils ne peuvent gripper parce qu'ils n'ont aucun mouvement de torsion.

Depuis plus de cinq ans des freins Stilmant fonctionnent sur plusieurs lignes des chemins de fer français. Il convient de faire connaître que pendant le laps de temps pendant lequel ils ont été mis en service aucun n'est entré aux ateliers pour réparations. Ils se graissent et se règlent comme les freins ordinaires ; mais bien moins souvent.

Plus de quatorze cents freins Stilmant fonctionnent actuellement en France sur les lignes de l'est, de l'ouest, du nord et pour des mines et des constructions de chemins de fer.

Le poids du frein Stilmant, tout prêt à monter, boulons compris, est environ :

Pour machines locomotives, sur deux roues, de 400 à 450 kilogrammes, dont 100 kilogrammes de fonte ;

Pour tenders, sur quatre roues, de 700 à 840 kilogrammes, dont 180 kilogrammes de fonte ;

Pour fourgons et wagons, sur quatre roues, de 600 à 640 kilogrammes, dont 90 kilogrammes de fonte ;

Pour wagons à marchandises, deux roues, de 240 à 265 kilogrammes dont 60 kilogrammes de fonte ;

Pour frein à main, avec un seul sabot, de 50 à 95 kilogrammes, dont 28 kilogrammes de fonte ;

Pour frein à main, avec deux sabots de 120 kilogrammes à 135 kilogrammes, dont 40 kilogrammes de fonte.

En combinant ce frein, l'inventeur s'est proposé d'utiliser la force vive des roues pour obtenir un serrage prompt et puissant sans détériorer le matériel et sans exiger un grand effort de l'homme appelé à manœuvrer l'appareil.

Au début des essais, le frein Stilmant agissait pour ainsi dire seul, sans effort du serre-frein. Il suffisait, pour obtenir un calage instantané, de décrocher le grand levier qui, dans sa chute, entraînait le coin articulé entre la roue

d'arrière et la bielle de pression des sabots d'avant. Plus la vitesse était grande plus le calage était énergique, instantané. Mais cette instantanéité obtenue en trois ou quatre tours de roue avait ses inconvénients pratiques et il était nécessaire pour en utiliser la valeur d'en limiter la puissance, c'est-à-dire d'en tempérer l'énergie. Une vis fut mise à la place de la crémaillère ; l'agent put alors régler plus à son gré la chute du grand levier et le calage se fit moins vite. Mais la friction sur le bandage des roues opéra plus avorablement pour l'arrêt du train qui se fit sans secousse.

Cette modification permet au frein de ne subir la force de l'entraînement par les roues qu'à une pression de 3.000 kilogrammes exercée sur les coins articulés.

Des œils ou ovales placés dans les suspensions du frein ont permis son fonctionnement dans les deux sens de la marche du wagon.

Le frein Stilmant a tous les avantages des freins existants sans en avoir les inconvénients. Il fonctionne actuellement comme frein à main, comme frein à vis, il pourrait fonctionner comme frein commandé à distance et il pourrait être automoteur, sa combinaison tout entière s'y prête très-bien.

Avec un volant de 450 millimètres de diamètre, un pas de vis de 44 millimètres et un angle de 20 à 25 degrés, on obtient sur les 4 roues, en 5 à 6 secondes, une pression totale de 15.000 à 16.000 kilogrammes nécessaires pour agir utilement avec des sabots en fer ou en acier fondu coulé.

La compagnie des chemins de fer de l'est a fait suivre pendant trois mois la marche du frein Stilmant et ses inspecteurs firent des rapports et dressèrent un tableau des expériences constatant les noms des stations, la vitesse du train à l'heure au moment du calage, le chemin parcouru pendant le calage et le chemin parcouru pour l'arrêt du train.

Digitized by Google

Toutes les expériences indiquées au tableau furent faites sans le concours du frein de tender et du frein du fourgon de queue.

Voici ce tableau tel qu'il a été dressé par MM. Dupont et Gaudry, inspecteurs du matériel à la compagnie des chemins de fer de l'est.

NOMS des stations.	VITESSE du train à l'heure au moment du calage.	CHEMIN PARCOURU pendant le calage.	CHEMIN PARCOURU pour l'arrêt du train.
Train express n° 24. — Voyage du 5 novembre 1862, de Strasbourg à Paris. — Marche en avant.			
Sarrebourg.	75 kilomètres.	80 mètres environ.	700 mètres environ.
Lunéville.	67 —	70 —	600 —
Blainville.	69 —	75 —	650 —
Frouard.	60 —	60 —	550 —
Nançois-le-Petit. . . .	60 —	65 —	580 —
Bar-le-Duc.	66 —	70 —	600 —
Vitry-le-F.ançais. . . .	65 —	70 —	600 —
Train express n° 9. — 7 novembre 1862. — Paris à Strasbourg.			
Meaux.	70 kilomètres.	70 mètres environ.	600 mètres environ.
La Ferté-sous-Jouarre.	70 —	65 —	580 —
Château-Thierry. . . .	66 —	50 —	560 —
Épernay.	64 —	60 —	550 —
Vitry-le-Français. . . .	62 —	60 —	540 —
Blesme.	66 —	65 —	560 —
Bar-le-Duc.	69 —	Par frottement sans calage.	600 —
Toul.	75 —	80 mètres environ.	680 —
Lunéville.	71 —	75 —	650 —
Train express n° 24. — 8 novembre 1862. — Strasbourg à Paris. — Marche en arrière.			
Saverne.	66 kilomètres.	95 mètres environ.	550 mètres environ
Sarrebourg.	78 —	125 —	750 —
Lunéville.	70 —	110 —	650 —
Blainville.	68 —	95 —	630 —
Nancy.	70 —	120 —	600 —
Frouard.	70 —	110 —	600 —
Toul.	60 —	90 —	540 —
Commercy.	70 —	100 —	600 —
Nançois-le-Petit. . . .	64 —	90 —	560 —
Bar-le-Duc.	80 —	110 —	1.000 —
Blesme.	60 —	100 —	500 —
Vitry-le-Français. . . .	72 —	110 —	650 —

N° 187

Observations relatives aux barrages mobiles.

Par M. DE LAGRÉNÉ, ingénieur des ponts et chaussées.

Lorsque j'ai envoyé aux *Annales des ponts et chaussées* (nᵒ de mars et avril 1866) une étude sur divers systèmes de barrages mobiles, mon but était d'appeler l'attention sur certaines propriétés contestées ou peu connues des barrages ; le moment était opportun pour solliciter les avis des ingénieurs afin d'arriver à bien mettre en évidence les qualités et les défauts de chaque système.

Deux ingénieurs, MM. Cambuzat et Saintyves, ont bien voulu répondre à cet appel et ont envoyé aux *Annales* deux intéressants articles sur lesquels je demande la permission de faire quelques observations.

Observations sur la note de M. l'ingénieur en chef Cambuzat. — Les expériences comparatives de M. Cambuzat ont porté sur huit barrages à fermettes et sur six barrages à hausses qui fonctionnent à chaque éclusée, c'est-à-dire quatre-vingt-dix ou cent fois par an, depuis deux et quatre ans, entre Décize et Montereau.

M. Cambuzat dit que « avec les barrages à fermettes, il « y a réellement danger pour les hommes qui les ouvrent « en temps de pluie, de gelée ou de crue, et pendant la « nuit, tandis que *la manœuvre des barrages à hausses* « *n'offre pas de danger pour les éclusiers.* » Il ajoute « qu'en « 1859 un éclusier s'est noyé au barrage d'Épineau en dé- « bouchant à l'arrivée d'une petite crue, et que très-sou- « vent les agents tombent à l'eau pendant le débouchage « des barrages à fermettes. »

Il est donc incontestable que l'emploi des barrages à fermettes rend dangereuses les manœuvres nécessaires pour assurer une navigation intermittente telle que celle de l'Yonne, tandis que d'après M. l'ingénieur Saintyves les manœuvres des barrages à fermettes de la basse Seine ne présentent aucun danger; mais il faut observer que le régime et la navigation de la basse Seine diffèrent beaucoup de ce qu'on rencontre sur l'Yonne, rivière que j'avais surtout en vue quand j'ai écrit l'article de 1866. Peut-être y a-t-il une distinction à faire et devrait-on dire que les barrages à fermettes sont dangereux pour les hommes quand il s'agit d'une navigation intermittente ou d'un régime torrentiel exigeant des lachures fréquentes et des manœuvres de nuit, mais que s'il s'agit d'un cours d'eau calme, à navigation continue et *n'exigeant jamais de manœuvres de nuit*, les dangers sont beaucoup moindres. Je dois ajouter que sur la Meuse belge, comme sur l'Yonne, les agents chargés des barrages à fermettes tombent souvent à l'eau. En 1866, deux éclusiers se sont noyés au barrage de Haignaux, le second en aval de Namur.

Dans tous les cas, d'après ce qui précède, il me semble que quand il s'agit d'un cours d'eau dont le débit peut varier rapidement, ou quand il s'agit d'une navigation par éclusées, on ne doit pas donner la préférence aux fermettes, à moins de mettre de côté la question d'humanité, ou à moins de modifier les procédés de manœuvre, ce qui n'est peut-être pas impossible; j'en parlerai à la fin de cette note.

M. l'ingénieur en chef Cambuzat signale quelques avaries survenues aux barrages à hausses; des barres à talons et des chevalets ont été cassés, des hausses sont restées debout, enfin il s'est formé des affouillements en aval des passes; c'est pourquoi il pense que les barrages à hausses conviennent mieux pour la navigation continue.

Les avaries survenues à quelques organes me paraissent

Digitized by Google

être des accidents qui ne prouvent rien contre le système; en effet, je puis citer le barrage de Melun, dont la passe navigable, fermée par cinquante hausses, a été manœuvrée à toutes les éclusées de 1865, c'est-à-dire environ cinquante fois, sans que jamais une hausse soit restée debout et sans qu'une avarie quelconque ait été signalée; c'est là un fait qui doit être mis à côté de ceux rapportés par M. l'ingénieur en chef Cambuzat. Il faut reconnaître aussi que la pose des organes, lors de la construction d'un barrage à hausses, exige des soins minutieux; il suffirait, par exemple, que tous les heurtoirs d'une même barre ne fussent pas bien en ligne droite pour que l'abatage des hausses fût compromis. La manœuvre du relèvement exige aussi beaucoup de soins : il faut que l'éclusier s'assure que l'extrémité de l'arc boutant repose bien sur la semelle des heurtoirs, car si un corps étranger se trouvait interposé, l'arc-boutant serait relevé d'autant et ne serait peut-être plus atteint par la barre à talon; la hausse resterait donc debout au moment de l'ouverture de la passe, et il faudrait aller l'abattre avec un croc quand l'affaiblissement de la chute le permettrait.

Quand j'ai dit, dans mon étude de mars et avril 1866, qu'au moyen des barrages à hausses on n'avait à craindre des affouillements qu'en aval des déversoirs, j'ai expliqué que j'avais en vue les barrages de la haute Seine, lesquels sont établis en prévision d'une navigation continue; mais il est évident que si on les fait servir à une navigation par éclusées, les affouillements pourront se produire en aval des passes navigables: aussi M. l'ingénieur en chef Cambuzat signale-t-il les fosses de 4 à 5 mètres qui se sont produites dans le gravier et dans la craie à l'aval de certaines passes de l'Yonne, et il ajoute qu'au moyen de gros blocs jetés en enrochements il a établi des arrière-radiers qui résistent très-bien. Au reste, même dans le cas de la navigation par éclusées, on peut réduire beaucoup et peut-

être annuler la force d'affouillement en aval des passes; il suffit pour cela de mettre en bascule le déversoir ou une partie du déversoir immédiatement avant l'ouverture de la passe; il se forme aussitôt en aval de celle-ci un matelas d'eau qui amortit la chute au moment de l'ouverture. On m'objectera que quand la retenue est pleine, on ne peut venir mettre les hausses du déversoir en bascule. Cela est vrai pour les barrages tels qu'ils sont actuellement établis sur la haute Seine; aussi voudrais-je faire subir à leurs déversoirs une légère modification, facile à réaliser à peu de frais et au moyen de laquelle la manœuvre dont je parle serait rendue très-simple.

La modification ou plutôt l'addition dont il s'agit a déjà été indiquée dans la note qui termine l'étude insérée dans le numéro de mars et avril 1866. Après avoir reconnu que l'on n'est pas toujours maître des hausses du déversoir, et qu'il faut se contenter de leurs mouvements spontanés quand la retenue est pleine, j'ajoutais qu'il serait facile de maîtriser à volonté tous leurs mouvements en établissant à l'amont de ces hausses une passerelle portée par des fermettes, disposition appliquée aux passes navigables de la Marne. L'éclusier placé sur la passerelle pourrait aller facilement modifier à volonté l'angle de bascule de chaque hausse, suivant le débit de la rivière; il pourrait rendre momentanément fixes certaines hausses en aval desquelles on aurait constaté des affouillements et où l'on aurait quelques travaux d'entretien à effectuer, soit au radier, soit aux enrochements; il pourrait mettre et retirer ensuite des couvre-joints pour boucher l'entre-deux des hausses si la retenue mettait trop de temps à se remplir; il pourrait encore mettre en bascule tout ou partie du déversoir immédiatement avant l'ouverture de la passe, dans le but d'amortir la chute au moment de cette ouverture.

Enfin le déversoir, tout en conservant son automobilité, obéirait en outre à des manœuvres facultatives. Cette addi-

tion, dont l'utilité me paraît mieux démontrée aujourd'hui qu'il y a deux ans, peut être facilement appliquée aux déversoirs de la haute Seine, et comme les fermettes portant la passerelle de manœuvre n'auraient que 2^{m}.40 de hauteur et pourraient être espacées de 2^{m}.80, la dépense serait peu importante.

Le prix moyen du mètre courant des déversoirs de la haute Seine, tels qu'ils existent aujourd'hui, est de 1.420^{f}.98; j'évalue à 400 francs l'augmentation qui résulterait de l'addition dont je parle, ce qui porterait à environ 1.820 francs le prix du mètre courant. Un déversoir ainsi établi me paraîtrait à l'abri de toute critique, et cela répond à quelques-unes des observations contenues dans le mémoire de M. Saintyves.

Le déversoir régulateur d'une retenue constitue la partie la plus importante d'un barrage mobile; il doit autant que possible donner passage à une lame déversante assez longue pour que la variation de son épaisseur suffise dans une certaine mesure au règlement de la retenue, sans aucune intervention de l'éclusier. Si, par suite de l'augmentation du débit, la lame déversante ne suffit plus à l'écoulement, le déversoir doit, par des mouvements spontanés, donner un complément de débouché qui corresponde au débit, c'est-à-dire qui augmente ou diminue avec lui; enfin il est bon que l'éclusier puisse au besoin dominer ces mouvements spontanés et faire à tout instant obéir les engins de fermeture.

Je pense que tel est le programme auquel doit satisfaire un déversoir, et quand ce programme est rempli, le mode de fermeture de la passe navigable importe assez peu, s'il s'agit d'une navigation continue, puisqu'alors cette passe n'est manœuvrée que très-rarement. Ainsi dans ces conditions on pourrait, dans bien des cas, admettre des fermettes et des aiguilles pour la passe navigable et des hausses telles que je viens de les indiquer pour le déversoir, mais je cri-

tiquerais la disposition contraire qui, mettant les aiguilles au déversoir et les hausses dans la passe, supprimerait la lame déversante régulatrice là où elle est utile, pour la reporter où elle peut être nuisible.

Observations sur l'étude comparative envoyée par M. Saintyves.—Pour répondre au mémoire de M. l'ingénieur Saintyves, il serait nécessaire de mettre une observation en regard de chaque paragraphe. J'ai fait ce travail, qui a été communiqué à M. Saintyves, mais qui ne peut trouver place aux *Annales*.

Je n'ajouterai à ce qui précède qu'une courte remarque, en attendant que M. Saintyves ait pu étudier *de visu* la manœuvre des barrages de la haute Seine ou de l'Yonne.

Cette remarque est la suivante : plusieurs des appréciations de M. l'ingénieur Saintyves sont tout à fait contraires à celles de M. l'ingénieur en chef Cambuzat. Ainsi, tandis que ce dernier trouve la manœuvre des hausses sans danger et le système Chanoine plus convenable pour la navigation continue que pour la navigation par éclusées, le premier « considère les manœuvres exécutées en bateau comme « plus périlleuses que celles exécutées sur des passerelles « fixes; et quand il s'agit d'une navigation par lachures, « il préfère le système Chanoine aux barrages à fermettes « à échappements. »

Il y a donc divergence complète sur des points importants.

Je termine cette note déjà trop longue en donnant quelques renseignements sur le barrage de Suresnes, que j'ai vu construire et manœuvrer.

La passe navigable de ce barrage, ou plutôt la passe accolée à l'écluse de Suresnes, est fermée par des aiguilles; les fermettes, au nombre de 65, ont 3m.30 de hauteur et sont espacées de 1m.10 d'axe en axe. Le barrage a été fermé pour la première fois le 2 juin 1867, et depuis lors sa chute, variable suivant les circonstances, n'a pas dé-

passé 2^m.15. Le nombre des aiguilles en service ou en dépôt au magasin le 2 juin était de neuf cents; du 2 juin au 22 octobre 1867, c'est-à-dire en moins de cinq mois, cinq cents de ces aiguilles ont été brisées. En mettant de côté environ deux cents dont la fracture a été produite par le choc d'un bateau, il reste environ trois cents ruptures survenues soit en posant, soit en retirant les aiguilles, soit même sous charge, sans cause apparente. Ces aiguilles avaient une section de 0^m.075 sur 0^m.075, et une longueur de 4 mètres.

En attendant la fourniture d'autres aiguilles en sapin du Nord et d'une section de 0^m.08 sur 0^m.07, on a employé et on emploie encore, en guise d'aiguilles, des madriers en sapin de 0^m.23 de largeur et de 0^m.07 d'épaisseur, dont quelques-uns (dix environ) se sont encore brisés. Leur pose se fait à peu près comme celle des aiguilles ordinaires; on connaît d'avance la ligne suivant laquelle chaque madrier doit porter contre la barre d'appui quand il sera dressé; on pose le madrier à peu près horizontalement sur la barre, suivant cette ligne, puis en l'inclinant légèrement vers l'amont; le courant l'entraîne et le dresse; on le retient par la tête, pour modérer autant que possible son choc contre le seuil. Pour retirer ces madriers, on se sert d'un bateau qui porte un treuil; ce bateau est amarré convenablement sur un câble transversal tendu en amont de la passe; on tire au moyen du treuil chaque madrier par la tête et on l'amène sur le bateau. J'ignore si c'est seulement à titre provisoire que ce mode de désaiguillage est appliqué, mais il me semble que c'est une solution qui mérite d'être signalée, et qui, en imitant les procédés employés sur les barrages à hausses, peut diminuer la fatigue et le danger pour les hommes chargés des manœuvres des aiguilles.

Paris, le 22 octobre 1867.

Digitized by

N. B. — M. l'ingénieur Savarin, chargé du barrage de Suresnes, à qui j'ai communiqué la note qui précède, m'adresse le renseignement ci-dessous :

« La nécessité, dit M. Savarin, nous a conduit à employer « l'aide d'un treuil porté sur un bateau amarré à l'amont « pour l'enlèvement des aiguilles, dès que la chute atteint « 1m.90 à 2 mètres.

« J'ai tout d'abord cru que l'inexpérience de mes hom- « mes était pour beaucoup dans l'impossibilité de la ma- « nœuvre dont j'avais été plusieurs fois témoin ; mais j'ai « fait venir des barragistes expérimentés de la basse Seine, « qui ont tous déclaré que les aiguilles de 4 mètres n'é- « taient enlevées ou remises dans les passes libres du bar- « rage où elles sont attachées, que lorsque la chute était « réduite à 1m.50 ou 1m.60. D'où je conclus que nous se- « rons dans l'obligation de recourir à l'usage permanent du « treuil que vous avez vu, le seuil de Suresnes étant partout « à 0m.70 sous l'étiage. »

5 novembre 1867.

Digitized by Google

N° 188

NOTE

Sur l'exécution des chemins de fer par l'état, suivant la loi du 11 juin 1842 (*).

On croit généralement que les compagnies de chemins de fer construisent à meilleur marché que l'état.

Si cette opinion a pu avoir quelque fondement à l'origine, elle a certainement cessé d'être vraie. L'état dispose aujourd'hui d'un grand nombre d'ingénieurs parfaitement experts dans la construction des chemins de fer. D'autre part, les lignes qui restent à construire n'ont plus qu'une médiocre importance commerciale; leurs travaux peuvent donc être conduits sans précipitation, sans efforts extraordinaires; ce qui s'adapte parfaitement aux allures régulières et méthodiques de l'état.

Dans ces conditions, l'état est mieux placé que les compagnies pour exécuter avec économie tout ce qu'on appelle l'*infrastructure*, ou la *plate-forme* d'un chemin de fer, c'est-à-dire le chemin tout entier, moins le matériel roulant, les stations, le ballastage et la voie.

En voici les raisons :

1° L'état dépense moins en frais d'administration, d'études et de surveillance. Son personnel, réparti sur toute la France, n'a besoin que d'être renforcé sur certains points pour faire face aux travaux nouveaux.

Une compagnie est forcée, sur toute ligne nouvelle,

(*) Cette note a été produite par la compagnie du Midi, à l'appui de la dernière convention qu'elle a passée avec l'État.

d'installer un personnel spécial, deux fois plus rétribué, à fonctions égales, que celui de l'état. Elle doit le rémunérer plus largement, parce qu'il est temporaire, et qu'emprunté en partie aux services publics, il faut l'attirer, le retenir, et surtout le dédommager des privations d'avancement et de retraite.

2° Ce personnel, plus coûteux, doit être aussi plus nombreux, parce qu'une compagnie traverse plus de formalités, qu'elle a plus d'écritures et d'expéditions, que ses projets sont soumis à deux juridictions : d'abord celle représentée par son directeur et son conseil d'administration, puis celle de l'état, représentée par le contrôle sur place, par le conseil général des ponts et chaussées et par le ministre.

3° De là résulte aussi que les ingénieurs de l'état sont plus à l'aise pour projeter économiquement que ceux des compagnies. Ceux-ci ont toujours à craindre que leurs projets, conçus en vue d'une moindre dépense, ne soient pas approuvés par le contrôle : auquel cas, ils ont tout à recommencer. Et comme il est rare que l'économie ne s'achète pas aux dépens de la perfection, il est toujours facile de leur opposer des projets théoriquement meilleurs et plus coûteux. Leur tâche est donc plus difficile : ils hésitent là où l'ingénieur de l'état propose avec assurance.

4° De là encore de grandes pertes de temps, nécessitées par la longue filière que traversent les projets. Avec la meilleure volonté de la part de tout le monde, six, dix et douze mois se passent dans ces examens, si peu que les études soient difficiles ou contrariées par les populations.

Ainsi ce personnel, plus dispendieux et plus nombreux, pèse encore plus longtemps sur la dépense de chaque ligne.

5° Le désavantage s'accroît encore quand l'ingénieur trouve, en cours d'exécution, quelque économie à réaliser, par suite de modifications. Comme il est lié par l'appro-

bation des premières dispositions, il ne peut rien y changer, sans une approbation nouvelle ; et pour l'obtenir, il lui faut dresser de nouveaux projets, et traverser toute la série des formalités. Il recule devant cette perte de temps, au bout de laquelle il voit encore le risque du rejet.

En pareil cas, les ingénieurs de l'état ont à peu près liberté complète, et rien n'est plus rationnel : car c'est dans la période d'éxécution surtout que les économies se présentent à l'esprit.

6° La dépense d'un chemin de fer se complique de plusieurs catégories d'ouvrages accessoires, nécessités par le maintien des communications, telles que les passages à niveau, les chemins latéraux, les déviations de routes ou de chemins, les ponts par-dessus ou par-dessous, etc.

Dans tous ces cas, l'état est plus fort qu'une compagnie pour ne rien accorder au delà du nécessaire. Il répare aux moindres frais possibles le trouble que l'établissement d'une voie ferrée jette toujours au milieu des voies de communications existantes.

Les populations sont plus exigeantes vis-à-vis des compagnies, et elles obtiennent davantage, parce que les autorités locales, les commissions d'enquête, les préfets et même les ingénieurs inclinent beaucoup plus à soutenir les intérêts des populations qu'à défendre le droit des compagnies.

Contre ces exigences, de même que dans les cas cités à l'article 5, les compagnies n'ont d'autre refuge que dans le conseil général des ponts et chaussées, et il est juste de dire que son impartiale fermeté ne leur fait jamais défaut. Mais on comprend aisément que la situation est toujours plus onéreuse, en face de difficultés qu'il faut combattre ou atténuer par des concessions, que là où ces difficultés ne s'élèvent même pas, parce qu'elles sont tranchées dès l'origine par la même autorité qui exécute les travaux.

7° L'état achète les terrains moins cher que les compa-

gnies, de même que les départements et les communes les payent moins cher encore que l'état. Cela tient aux dispositions morales des populations et des jurys, sur lesquelles il n'y a nulle prise, à moins de refaire la loi du 3 mai 1841.

Sur quelques chemins du Midi, les indemnités de terrains ont dépassé 50 000 francs par kilomètre ; sur une certaine ligne, elles ont atteint 90 000 francs.

8° Les travaux de l'état sont régis par un cahier des charges, qui s'applique sérieusement, et forme la loi des deux parties. Les contestations avec les entrepreneurs sont tranchées, conformément à ce code, par les conseils de préfecture et par le conseil d'état, avec une parfaite équité, mais qui ne va pas jusqu'à admettre qu'un entrepreneur puisse faire au hasard un rabais quelconque, sans être jamais exposé à perdre.

Les compagnies n'ont, vis-à-vis de leurs entrepreneurs, ni la même force ni les mêmes droits. Si mauvais que soit un entrepreneur, il est très-rare qu'elles se risquent à le mettre en régie : elles s'en débarrassent du mieux possible, et recommencent avec un autre, quand elles ne terminent pas en régie à leurs propres frais.

Il s'est formé des offices de réclamations, parfaitement connus de tous les entrepreneurs travaillant pour les compagnies. Ceux-ci en reçoivent des conseils tout le long de l'exécution, dans l'unique but de préparer la matière des contestations futures. Au règlement du décompte, les difficultés éclatent : alors arrivent de grosses dépenses d'expertise ou d'arbitrage, des procès, des frais judiciaires, et presque toujours, en fin de compte, des augmentations au profit de l'entrepreneur.

9° L'état n'emprunte à personne pour faire ses travaux : son budget annuel les paye, ses ingénieurs ne savent pas, et n'ont nul besoin de savoir ce que c'est qu'un compte d'intérêts.

Pour les compagnies, la comptabilité est toute autre.

Chaque travail nouveau exige l'émission d'obligations nouvelles, dont il faut payer l'intérêt et l'amortissement, à partir du jour où elles sont placées. La dépense des travaux proprement dits se grossit ainsi de 15 à 20 p. 100, à raison des intérêts accumulés pendant la construction même.

10° On cherche vainement quelle pourrait être, dans l'exécution matérielle des travaux, l'économie capable de racheter, au profit des compagnies, tant de désavantage, et dont l'état ne puisse profiter aussi bien que les compagnies elles-mêmes. Elles n'ont pas des procédés de construction qui leur soient spéciaux. Elles exécutent les mêmes choses par les mêmes moyens. Elles ne payent pas moins cher la main-d'œuvre, ni moins cher les matériaux. Leurs entrepreneurs et tâcherons ne leur font pas des conditions meilleures.

Il est absolument impossible de voir par quelle raison les ingénieurs au service de l'état construiraient plus chèrement que ceux qui passent au service des compagnies.

11° Joignez maintenant cette autre considération : que les dépenses ainsi prises en charge par l'état sont précisément les plus aléatoires. C'est dans les terrassements, les souterrains, les grands ouvrages d'art, que se glissent surtout les cas imprévus et les forces majeures.

Or la bonne économie des conventions nouvelles exigerait que les compagnies fussent mises en dehors de ces aventures. Telle était la sage pensée du législateur en 1842. Il faut y revenir plus que jamais.

Le jeu des conventions est tel que toute compagnie, sitôt qu'elle dépasse son maximum garanti, est très-compromise. L'excédant de dépenses tombe en entier à sa charge, et elle en prélève les intérêts à 5.75 p. 100, sur la partie du produit net réservée à ses actionnaires. En cas d'économie, elle ne bénéficie tout au plus que de 1.10 p. 100 du capital épargné (*).

(*) Cela vient de la manière dont est établie la formule qui fixe

Il en résulte que toute compagnie est dans une situation telle qu'elle perd, par le fait d'une augmentation imprévue, cinq fois plus qu'elle ne peut gagner par le fait d'une économie égale. Si, avec de telles chances, elle est amenée à se charger elle-même des travaux, moyennant une subvention ou une garantie d'intérêt, elle ne peut raisonnablement le faire qu'avec des évaluations telles qu'elles ne puissent en aucun cas être dépassées, et par conséquent supérieures aux dépenses qui seraient rigoureusement nécessaires pour l'exécution.

L'état se trouve alors dans l'alternative, également fâcheuse, soit de consentir des subventions ou des garanties d'intérêt trop élevées, soit de réduire les estimations présentées par les compagnies, au risque de compromettre leur avenir, et de venir plus tard à leur aide par des conventions nouvelles.

Le parti le plus rationnel et le plus conforme à l'intérêt de tous, c'est qu'il n'y ait risque et déception d'aucun côté, et que l'état exécute ces travaux lui-même. Ils coûteront moins cher, et les conventions seront rendues plus stables.

---

le produit net réservé aux compagnies. Elle suppose que l'état laisse à leur disposition : 1° la somme nécessaire pour faire face au service des intérêts de l'ancien réseau, au taux de 5.75 p. 100; 2° celle nécessaire pour parfaire les intérêts du nouveau réseau, que l'état garantit à 4.65 p. 100, tandis que les compagnies empruntent à 5.75 p. 100, ce qui laisse à leur charge une différence de 1.10 p. 100; 3° enfin, celle nécessaire pour distribuer un certain dividende aux actionnaires.

Le produit net, ou *déversoir*, étant ainsi fixé, d'après les chiffres présumés des dépenses à faire, si celles-ci sont dépassées, l'excédant cesse d'être garanti et reste à la charge de la compagnie au taux de 5 75 p. 100; si elles ne sont pas atteintes, le produit net est réduit proportionnellement, quand il s'agit de l'ancien réseau et reste invariable quand il s'agit du nouveau. Dans le premier cas, la compagnie ne gagne absolument rien, et dans le second cas, l'état lui abandonne, sur les produits nets de l'exploitation, 1.10 p. 100 de la somme qu'elle était présumée devoir dépenser et qu'elle a économisée.

12° Dans ce dernier système, la compagnie garde pour elle la voie, les stations et le matériel roulant. L'ensemble de ces dépenses représente au moins le tiers, et souvent plus de la moitié du coût d'un chemin de fer. Mais elles ont l'avantage de n'être pas sujettes aux mêmes imprévisions.

Une compagnie est d'ailleurs toujours mieux organisée que l'état pour ces grandes fournitures, à cause de ses relations constantes avec les usines. Elle connaît mieux la voie, parce qu'elle l'entretient et la renouvelle; elle connaît mieux les machines, parce qu'elle les fait marcher. Les avertissements du public et ceux de ses propres employés lui enseignent constamment tout ce qui est commode ou incommode dans les moindres détails des dispositions adoptées pour les stations. Elle sait donc mieux les approprier à leur destination.

En un mot, ce qui reste à faire à la compagnie, dans ce système, c'est de livrer les instruments d'exploitation, et elle y est plus propre, par la raison même qu'elle s'en sert pour exploiter. De là vient que cette catégorie de travaux est confiée, dans plusieurs compagnies, aux ingénieurs de l'exploitation, de préférence à ceux de la construction.

13° Pour compléter ce parallèle, il faudrait ajouter que les ingénieurs des compagnies ont sur ceux de l'état l'avantage d'une plus grande expérience des tracés, au point de vue des convenances de l'exploitation et du trafic.

La raison qui peut déterminer souvent une compagnie à se charger elle-même des travaux, c'est qu'étudiant elle-même les tracés, elle les accommode mieux à ses besoins, qui sont rarement en désaccord avec ceux des populations : car l'intérêt est le même des deux côtés, ici pour desservir le plus possible, et là pour être le mieux desservis.

Il serait donc utile que l'état, au lieu de consulter les compagnies sur des projets faits, les fît intervenir au moment même où se font les études, de manière à avoir leur coopé-

ration, et non pas seulement leur avis, alors que tout est à peu près terminé.

14° S'il est certain que la loi de 1842 soit la vraie solution à appliquer aux lignes futures, ne faudrait-il pas lui emprunter aussi cette disposition, qui mettait à la charge des départements et des communes les deux tiers des indemnités de terrains? Les acquisitions se feraient à meilleur compte; la charge de l'état serait réduite, et cette participation des populations à la dépense de lignes, qui prennent de plus en plus le caractère d'intérêt local, ne serait-elle pas le meilleur critérium de leur utilité?

SURELL,
Ingénieur en chef des ponts et chaussées,
directeur de la compagnie du Midi.

Paris, le 25 mai 1867.

N° 189

NOTE

Relative aux chemins de fer à bon marché et d'intérêt local.

Par M. RUELLE, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Dans un article sur le chemin de fer franco-suisse, inséré dans les *Annales des ponts et chaussées*, en septembre 1865, nous avons cherché à faire ressortir, par des chiffres précis et par des considérations puisées dans des résultats d'expérience, que les dépenses de construction et d'exploitation des chemins de fer seront toujours trop considérables pour permettre à ces nouvelles voies de se multiplier indéfiniment, malgré les grands avantages qu'elles présentent, et de se substituer, en quelque sorte, aux routes impériales et départementales.

Nous avons insisté notamment sur les difficultés qu'offre leur exécution dans les régions montagneuses, où les accidents du sol accroissent, dans une proportion énorme, la dépense des terrassements et des ouvrages d'art, et où les fortes rampes et le faible rayon des courbes, que l'on est forcé d'adopter, réduisent, dans une proportion non moins importante, les économies résultant de la facilité et de la rapidité des transports en plaine.

Nous avons enfin ajouté que l'administration des petites compagnies était plus onéreuse que celle des grandes, et qu'on ne parviendrait que difficilement à construire des chemins de fer à bon marché, au moyen de sociétés locales organisées dans les départements qui veulent se donner un

quatrième réseau et le payer en grande partie avec leurs ressources propres.

Ce qui nous décide aujourd'hui à revenir sur la même question, c'est que l'on oublie vite en France et que les souvenirs d'un passé tout récent sont déjà effacés. Un autre motif nous guide : le public a une tendance de plus en plus marquée à considérer les chemins de fer d'intérêt local comme indispensables à la prospérité de tous les chefs-lieux d'arrondissement et de canton qui en sont encore privés ; il croit aussi qu'il est possible de les exécuter à très-bas prix, comparativement aux lignes du second et du troisième réseau, par des procédés autres que ceux en usage dans le corps des ingénieurs et des conducteurs des ponts et chaussées.

Il nous semble qu'il est bon de réagir contre ces idées erronées qui se propagent avec une facilité extrême et de présenter les choses sous leur véritable jour. Ce n'est pas la première fois que les ingénieurs de l'État sont accusés de construire trop solidement et trop chèrement. Tout récemment cette assertion s'est produite à la tribune du corps législatif, où elle a été relevée avec énergie. Un de nos camarades, M. Marchal, ingénieur en chef du département de la Mayenne, a eu aussi l'occasion de la combattre, à propos de l'exécution et de l'entretien des chemins vicinaux ordinaires.

Nous allons donc essayer de démontrer, à notre tour, que les ingénieurs et les conducteurs des ponts et chaussées savent se préoccuper, autant que personne, des nécessités d'économies, dans l'étude et dans l'exécution des différents travaux qui leur sont confiés, et que leurs procédés ou leurs méthodes, ont été, en général, copiés à peu près partout et par ceux-là mêmes qui les accusent.

Cette note sera divisée en deux parties : nous commencerons par rappeler les différents modes suivis jusqu'à ce jour pour l'exécution des chemins de fer et par en faire

ressortir les conséquences les plus rationnelles, au point de vue de la thèse que nous soutenons.

Nous présenterons ensuite un résumé des dépenses réelles de construction de quelques lignes, à une voie, du second et du troisième réseau, afin de prouver que leur montant ne peut s'abaisser au-dessous d'un certain minimum et qu'il dépend essentiellement de la configuration plus ou moins accidentée des pays traversés.

§ 1er. — *Examen sommaire des modes d'exécution du réseau actuel des chemins de fer.*

I.

On ne saurait oublier que c'est seulement à l'aide des subventions considérables, accordées successivement par l'État, sous forme de travaux exécutés ou de payements en argent, que les principales artères qui sillonnent la France ont pu se construire. Les lignes actuellement si fréquentées de Paris à Lille, de Paris au Havre, de Paris à Strasbourg, de Paris à Orléans, à Nantes et à Bordeaux, de Paris à Lyon et à Marseille, de Bordeaux à Cette, etc., doivent, en grande partie, leur prospérité à la disparition des compagnies isolées, entre les mains desquelles se trouvaient disséminées les concessions premières, et à la constitution de six grands réseaux qui concentrent, chacun sous une administration unique, toutes les affaires, tous les intérêts relatifs aux transports, sur une grande étendue du territoire de la France.

Organisation des grandes compagnies. — C'est là l'origine et la véritable cause du rôle prépondérant qu'ont pris les chemins de fer français.

Malgré les avantages considérables qui résultent de cet état de choses, les lignes composant ce qu'on appelle le nouveau réseau apportent, au fur et à mesure qu'on les achève et qu'on les exploite, des réductions extrêmement

sensibles dans le montant des recettes kilométriques et obligent le gouvernement à allouer chaque année une somme de 25 à 30 millions, comme garantie d'intérêt, à plusieurs des grandes compagnies.

D'après l'exposé de la situation de l'empire, on voit que, au 31 décembre 1867, les dépenses faites par l'État, pour travaux exécutés au profit des compagnies et pour subventions en capital, s'élèvent à 984 millions, et il doit leur payer encore 462 millions pour arriver au total convenu de 1.446 millions de francs, ce qui, pour un ensemble de 21.040 kilomètres de chemins de fer concédés, représente une subvention de 68.726 fr. par kilomètre.

Y a-t-il une meilleure preuve à donner de la lourde charge que la plupart des lignes nouvelles font peser sur les compagnies qui les construisent et les exploitent, quoique ces lignes puissent toutes être considérées, en réalité, comme autant d'affluents qui déterminent un nouvel accroissement de trafic sur l'ancien réseau?

Que serait-il advenu si tous ces affluents secondaires, au lieu d'être groupés entre les mêmes mains et d'offrir une complète solidarité d'intérêts avec les artères principales, sur lesquelles ils déversent les produits de leur trafic, avaient fait l'objet d'entreprises séparées, administrées par de petites sociétés locales?... Évidemment le résultat eût été une ruine générale ou, tout au moins, une dépréciation énorme du capital engagé.

Insuffisance des compagnies locales. — Les compagnies qu'on avait cherché à organiser, il y a quelques années, le Grand-Central, le Lyon-Genève, le Dauphiné, le Victor-Emmanuel, les Ardennes même, paraissaient établies sur une base assez solide et assez large, puisqu'elles embrassaient des lignes d'une certaine étendue; néanmoins, elles se sont trouvées hors d'état d'accomplir leur œuvre jusqu'au bout, sans compromettre les intérêts de leurs actionnaires, et elles ont dû se féliciter que la sollicitude de l'État ait

fait englober, dans les grands réseaux voisins, les chemins de fer qu'elles avaient construits et dont l'exploitation aurait fini par épuiser toutes leurs ressources. N'est-ce pas là l'histoire de quelques autres compagnies françaises, telles que celles de Graissessac à Béziers, de Libourne à Bergerac, qui n'ont pas eu la chance d'être rachetées à temps, ainsi que d'une foule d'entreprises constituées à l'étranger avec une vogue passagère, mais qui n'ont guère réalisé les espérances qu'elles avaient fait concevoir?

Nous pourrions citer : en Suisse, les compagnies des chemins de fer de l'Ouest-suisse, du Jura industriel, du Franco-Suisse, de Lausanne à Oron et Fribourg, de l'Union suisse, du Valais et du Simplon; en Italie, les lignes du littoral Méditerranéen et du littoral de l'Adriatique, les chemins Toscans, les chemins Romains, le réseau des Calabres; en Espagne et en Portugal, toutes les compagnies sans exception; non-seulement celles qui étaient concessionnaires de lignes isolées, comme de Séville à Xérès-Cadix, de Sarragosse à Pampelune et de Sarragosse à Barcelone, de Ciudad-Réal à Badajoz; mais encore celles qui possédaient les réseaux les plus étendus, comme le nord de l'Espagne, la compagnie de Madrid à Sarragosse, à Alicante et à Cordoue, les chemins portugais, etc., etc. Nous trouverions encore des exemples analogues en Allemagne, en Belgique et en Angleterre; mais cette nomenclature de compagnies plus ou moins malades est déjà assez longue, et nous avons tenu surtout à citer les pays où les capitaux français se sont engagés avec tant d'imprudence et par centaines de millions de francs!

Les échecs multipliés d'une foule de sociétés qui semblaient très-viables à l'origine et qui ont occasionné tant de désastres financiers, ne peuvent s'expliquer que par les raisons suivantes :

1° Les frais généraux beaucoup trop considérables qu'entraînent toutes ces administrations isolées;

2° Les marchés onéreux (pour ne pas dire plus) passés avec des entrepreneurs à forfait;

3° Le taux élevé auquel il a fallu contracter des emprunts pour faire face à un excédant de dépenses non prévu et se révélant successivement;

4° La disproportion qui s'est presque toujours manifestée entre les frais de construction et d'exploitation et la faiblesse relative du trafic;

5° Souvent enfin l'insuffisance et l'incurie des conseils d'administration, chargés de veiller sur le bon emploi de capitaux aussi considérables et dont les membres étaient parfois intéressés dans les marchés de fournitures et de travaux.

N'est-il pas présumable que les mêmes causes amèneraient es mêmes résultats, si l'on persistait à vouloir constituer de petites sociétés départementales et à concéder l'exécution et l'exploitation des chemins de fer d'intérêt local à des entrepreneurs généraux!

Accroissement des frais généraux. — En faisant l'historique de la compagnie Franco-Suisse, dans l'article précité, nous avons eu soin d'insister sur l'économie et l'intégrité qui avaient présidé à tous les actes de son administration, sur les conditions éminemment favorables dans lesquelles avaient été souscrites les actions et les obligations; néanmoins nous avons constaté que, pendant les cinq années écoulées, depuis le commencement des études sur le terrain jusqu'à la mise en exploitation des deux sections du chemin de fer, dans le val de Travers et sur les bords du lac de Neuchâtel, les dépenses générales, comprenant les intérêts payés aux porteurs de titres (actions et obligations), se sont élevées à la somme de 2.535.342f.62c, qui représente 12.50 p. 100 des frais de construction proprement dits, lesquels ont été de 20.174.595f.65.

Pendant cette même période, l'administration centrale et

le contentieux de la compagnie ont coûté 424.650f.82, ce qui correspond à 2.10 p. 100 des mêmes frais.

En résumé ces deux natures de dépenses réunies montent à 14.60 p. 100 des frais de construction, et il est certain que cette proportion a été infiniment plus forte dans la plupart des compagnies françaises et étrangères que nous venons de mentionner, et qu'elle s'est élevée pour plusieurs d'entre elles jusqu'au quart et au tiers du capital social !

Si l'on ajoute à cela que souvent des emprunts ont été contractés à 8, 10 et 12 p. 100 d'intérêt, pour l'achèvement de quelques-unes de ces lignes; que parfois les frais d'exploitation atteignent, quand ils ne le dépassent pas, le montant des recettes brutes, on comprendra qu'il y aurait folie à suivre les mêmes errements et à entasser de nouvelles ruines sur celles qui n'existent déjà qu'en trop grand nombre.

Loi du 12 juillet 1865. — Par la loi du 12 juillet 1865, relative aux chemins de fer d'intérêt local, le gouvernement a voulu mettre un frein utile aux sollicitations et aux obsessions de tout genre dont il est assailli, pour l'extension des lignes du troisième et du quatrième réseau, en imposant aux départements et aux communes une participation assez large dans toutes les dépenses. Cette participation a été fixée au quart des frais de tout genre, pour dix-huit départements, où le produit du centime additionnel au principal des quatre contributions dépasse 40.000 francs; au tiers des mêmes frais, pour quarante-huit départements, où ce produit se maintient entre 20.000 fr. et 40.000 fr., et à la moitié de ces frais pour les vingt-trois autres départements où ce produit n'arrive pas au chiffre de 20.000 fr.

Malheureusement il est à craindre que cette loi si sage ne soit éludée ou mise de côté, par suite des exigences de plus en plus opiniâtres de certains intérêts locaux, et des influences qui auront l'habileté de se draper du manteau de l'intérêt général.

Il n'y a encore que huit départements qui se soient conformés aux prescriptions de la loi : l'Hérault pour 177 kilomètres, moyennant une subvention de 3.829.734 fr. du gouvernement; Saône-et-Loire pour 123 kilomètres, avec une subvention de 2.125.000 fr.; l'Eure pour 103 kilomètres, avec une subvention de 2.226.250 fr.; l'Ain pour 90 kilomètres, avec une subvention de 3.261.868 fr.; la Sarthe pour 74 kilomètres, avec une subvention de 2.690.000 fr.; les Ardennes pour 57 kilomètres, avec une subvention de 1.400.000 fr.; le Haut-Rhin pour 19 kilomètres, avec une subvention de 1.000.000 fr.; le Jura pour 8 kilomètres, avec une subvention de 200.000 fr.; ce qui fait une longueur totale de 651 kilomètres, avec une subvention totale de 16.732.852 fr.

Si l'État continue à concéder aux grandes compagnies, ou à exécuter avec les fonds du Trésor des lignes tout à fait secondaires, n'ayant même pas un caractère d'intérêt général aussi prononcé que quelques-unes de celles dont les départements ci-dessus se sont volontairement chargés, on ne tardera pas à se plaindre et à réclamer vivement contre la partialité qui aura présidé à la distribution des largesses gouvernementales. En bornant, par exemple, notre examen aux départements que nous connaissons le mieux, il est facile de se convaincre que la ligne de Paray-le-Monial à Mâcon, qu'exécute le département de Saône-et-Loire et qui complète une assez longue artère partant de la station de Laroche, sur la ligne principale de Paris à Dijon, et passant par Auxerre, Cercy-la-Tour, Gilly-sur-Loire, Digoin et Charolles, offre plus d'intérêt et mériterait au moins autant d'être comprise dans le quatrième réseau que la ligne de Besançon à Morteau, dont le département du Doubs ne veut pas se charger, aux termes de la loi du 12 juillet 1865, et dont il demande la construction par l'État et aux frais de l'État.

Nous pensons donc qu'il serait plus rationnel de prépa-

rer un travail d'ensemble pour toute la France, afin de comparer les conditions diverses d'utilité publique, de trafic, de dépenses de construction et d'exploitation, etc., etc., que peuvent présenter tous les chemins de fer nouveaux, dont la concession est actuellement demandée ou désirée, puis de déterminer : *en premier lieu*, ceux dont le tracé paraît nécessaire pour compléter les réseaux existants, et qui devront être exécutés directement par l'état ou par les grandes compagnies avec des subventions de l'état; *en second lieu*, ceux qui, n'offrant qu'un intérêt plus restreint et ne répondant qu'à des besoins locaux, doivent être laissés à la charge des départements eux-mêmes et des communes, dans les conditions fixées par la loi du 12 juillet 1865. On se trouverait ainsi mieux en mesure de résister à de hautes influences locales, et l'on éviterait beaucoup de mécomptes et de récriminations de la part des contrées qui se croiront lésées ou de celles qui se seront endettées pour créer, à leurs frais, certaines lignes, dont le classement fût devenu possible dans le quatrième réseau.

II.

Rôle des ingénieurs. — Quand on songe que les ingénieurs et les conducteurs des ponts et chaussées ont été chargés, dans la plus large mesure, d'étudier et de construire les 20.000 kilomètres de chemins de fer dont se compose en ce moment le réseau français, et que beaucoup de nations étrangères, la Russie, l'Autriche, l'Italie, l'Espagne, leur ont confié la même mission chez elles, on a de la peine à comprendre qu'une partie du public ait pu en arriver à formuler contre eux le reproche de travailler chèrement et de ne pas assez se préoccuper des nécessités d'économie qui pèsent sur les budget de l'état, des départements et des communes, comme sur celui des sociétés industrielles. On ne s'explique pas davantage qu'on ait pu perdre de vue

les habitudes d'ordre et de régularité que les ingénieurs apportent dans les dépenses de toute nature, même les plus minimes dont ils sont chargés, et dans la tenue d'une comptabilité qui a servi de modèle à presque toutes les grandes entreprises de travaux.

Examinons sur quelle base peut reposer cette idée fausse que les ingénieurs sont enclins à faire des ouvrages trop luxueux ou trop solides, et qu'ils ne savent pas se renfermer dans les limites qu'une sévère économie commande. Si l'on se rend compte, par exemple, des opérations successives que nécessitent l'étude et l'exécution d'une route, d'un canal ou d'un chemin de fer, on ne peut s'empêcher de reconnaître que les ingénieurs et les conducteurs des ponts et chaussées possèdent à un haut degré toutes les qualités scientifiques voulues pour bien résoudre le problème. Ils trouvent de plus dans leurs archives, dans les collections de l'École des ponts et chaussées et dans tous les recueils dont ils ont appris à se servir, une multitude d'exemples qu'ils n'ont qu'à imiter. Depuis les chemins vicinaux, dont ils s'occupent dans un certain nombre de départements, jusqu'aux constructions monumentales que comportent les abords de la capitale et des grandes villes, ils ont une échelle infiniment variée pour toute espèce de travaux de terrassements et de maçonneries. A ces modèles innombrables, qui leur servent de guide et qui rendent plus difficiles les mauvaises solutions, viennent se joindre, chez les ingénieurs, des connaissances administratives particulières; la longue pratique d'une comptabilité rigoureuse et précise dans ses plus petits détails, une régularité en quelque sorte hiérarchique (parce qu'elle se communique, à travers tous les grades, de l'ingénieur en chef aux cantonniers) pour le meilleur emploi des plus menues dépenses; enfin cette réputation de délicatesse et d'intégrité qui est restée l'honneur de notre corps.

Sous quelle influence et sous quelle impulsion d'autres

Digitized by Google

ingénieurs civils ou des agents voyers pourront-ils se montrer plus économes des deniers publics ou des fonds appartenant aux départements et aux communes ? Apporteront-ils plus de soin dans les opérations de tracé et de nivellement sur le terrain ? Établiront-ils mieux les plans et les profils, les calculs de terrassements et les métrés d'ouvrages, ou bien sauront-ils choisir des formes différentes et mieux appropriées pour les aqueducs, les ponts, les viaducs, etc., etc. Cela n'est nullement probable, et la variété des œuvres accomplies par le corps des ponts et chaussées est telle que l'on rencontre les appareils les plus modestes et les plus simples à côté des appareils les plus compliqués.

Exécution des travaux sur séries de prix. — Passons maintenant aux procédés d'exécution. On peut compter trois modes essentiellement différents : les travaux à la journée ou par petites tâches; les travaux à l'entreprise, sur séries de prix ; les travaux à forfait.

Le premier système est le plus dispendieux de tous pour les compagnies et pour l'État, parce qu'on ne parvient jamais à réaliser (quelle que soit la surveillance exercée par les agents sur les ouvriers employés à la journée et payés directement) une quantité de travail égale à celle que fournissent les ouvriers d'une entreprise, et parce qu'il est difficile qu'un ingénieur puisse décomposer ses chantiers par très-petites tâches et subdiviser tous les travaux, comme le fait un entrepreneur, en passant une multitude de petits marchés, le plus souvent verbaux.

Le second système consiste à former une certain nombre de lots d'entreprises, correspondant aux points de division naturels des travaux qu'il s'agit d'exécuter, et à adjuger chaque lot *sur séries de prix* et sur soumissions cachetées. Il nous paraît de beaucoup préférable au précédent et il est généralement suivi dans les travaux au compte de l'État, comme dans ceux des compagnies. Les ingénieurs ont soin, avant l'adjudication, de bien s'assurer des garanties de

probité, de capacité et de solvabilité que présentent les différents entrepreneurs qui désirent soumissionner. Ceux-là seuls sont admis qui sont porteurs de bons certificats, pour des travaux antérieurs et pour leurs règlements de comptes, afin que la concurrence ne s'établisse qu'entre des hommes également loyaux et capables. Il importe aussi que les lots ne soient ni trop restreints ni trop étendus, parce que, dans le premier cas, les entrepreneurs en possession d'un matériel et de capitaux considérables hésiteraient à s'en charger, et parce que, dans le second cas, ils trouveraient trop lourde pour eux seuls la charge d'organiser et de diriger tous leurs chantiers et seraient conduits à subdiviser les différents ouvrages, pour en laisser la responsabilité à des sous-traitants. Ce double écueil doit être évité avec soin.

Depuis plusieurs années, nous avons adopté, pour les marchés relatifs aux lignes du second et du troisième réseau de la compagnie de Paris à Lyon et à la Méditerranée, une mesure qui nous a donné d'excellents résultats. Au lieu de soumettre aux divers entrepreneurs concurrents une série de prix préparée par les ingénieurs de la compagnie, sur laquelle ils n'ont plus qu'à formuler un rabais ou une augmentation de x par mille, nous obligeons chacun d'eux à étudier et à établir lui-même, d'après un modèle uniforme, la *série de prix* qui doit servir de base à sa soumission, et nous comparons ensuite toutes ces séries entre elles, en en appliquant les différents prix aux *métrés* arrêtés d'avance, pour les terrassements, les maçonneries, les charpentes et ouvrages de toute espèce qui font partie du projet à exécuter. Il en résulte autant de détails estimatifs des travaux d'un même lot qu'il y a d'entrepreneurs, et le détail estimatif le moins élevé est celui qui l'emporte.

De cette façon les entrepreneurs, au lieu de se fier un peu trop aveuglément aux prix arrêtés dans la série préparée par les ingénieurs (ainsi que cela arrive souvent) et

de faire sur ces prix un rabais plus ou moins fort, se rendent mieux compte, sur le terrain, de la valeur réelle des différents travaux et des diverses fournitures qu'ils auront à faire et arrivent à produire des séries de prix bien étudiées, plus consciencieuses, et contre lesquelles ils ont moins de propension à réclamer, en cours d'exécution, puisqu'elles sont le résultat de leurs recherches et de leurs investigations personnelles. Cette division des travaux, par lots variant d'ordinaire de 1 à 2 millions, nous paraît offrir les plus fortes garanties d'une *bonne exécution* et de toutes les économies rationnelles qu'on doit chercher à réaliser, quand le prix de chaque mètre cube d'ouvrage a été judicieusement établi et quand il ne s'agit plus que de prendre toutes les mesures qu'indique la prudence. Nous ne concevons pas comment on pourrait arriver plus avantageusement au même but par d'autres procédés et avec d'autres hommes.

Il ne faut pas perdre de vue, en effet, que c'est dans l'étude minutieuse des projets et dans la prévision de toutes les particularités et de tous les accidents de l'exécution des travaux que résident les véritables économies. Or, les ingénieurs et les conducteurs des ponts et chaussées offrent toutes garanties sous ce rapport, de même que pour le choix et pour l'emploi le plus judicieux des matériaux à mettre en œuvre dans les différents ouvrages. Ils n'aiment pas, il est vrai, les travaux aventureux, et ils cherchent à éviter les risques qui en sont la conséquence; mais tout en repoussant de leurs constructions les pierres gélives ou de mauvaise qualité, les mortiers non hydrauliques, etc., etc., ils savent apporter une extrême simplicité dans les ouvrages, quand il y a lieu, et substituer dans les appareils, toutes les fois qu'il le faut, le moellon piqué à la pierre de taille et le moellon brut au moellon smillé.

Nous ajouterons que beaucoup de nos meilleurs entrepreneurs de travaux publics, et de chemins de fer en par-

Digitized by Google

ticulier, sont d'anciens conducteurs des ponts et chaussées.

Inconvénients des marchés à forfait. — Reste un troisième système, celui des marchés à forfait, en présence duquel nous sommes bien à l'aise ; car les résultats qu'il a produits partout sont des plus déplorables. Si les nouvelles sociétés particulières organisées par les départements ou les communes, comptent en tirer parti pour construire économiquement les chemins de fer d'intérêt local, elles s'abusent étrangement et elles ne se doutent pas de tout ce qui leur restera à dépenser, *après le forfait*, pour compléter des travaux inachevés ou même pour les refaire. La cause la plus réelle des augmentations qui se produisent généralement, dans les édifices comme dans les travaux publics, c'est l'insuffisance des prévisions des ingénieurs et des architectes les plus habiles, dont les projets les mieux étudiés sont presque toujours dépassés par le montant de l'exécution. Les éboulements, les tassements qui surviennent dans les tranchées et les remblais, les moyens d'assainissement et de consolidation, les difficultés de fondation des ouvrages, les indemnités de terrains et une multitude d'exigences locales, qui se produisent sous toutes les formes, pour les *routes et les chemins traversés*, *les stations*, *les gares*, etc., amènent de si nombreux mécomptes qu'ils ne peuvent être bien appréciés que par ceux qui ont eu à subir toutes ces épreuves et dont l'expérience s'est ainsi formée.

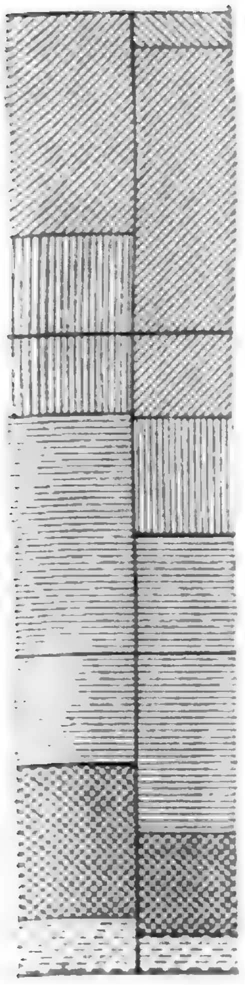
Comment s'imaginer qu'un entrepreneur général, qui sera avant tout un capitaliste, chargé d'exécuter à forfait un chemin de fer, ou tout autre grand travail exigeant des avances considérables, se résignera à accomplir cette œuvre dans les meilleures conditions de solidité et de convenance, au risque d'y consacrer beaucoup plus d'argent qu'il n'en recevra et de perdre ce qu'il possède ! Il n'a pas à sa disposition de procédés plus parfaits, plus sûrs que ceux qu'emploient les ingénieurs de l'état ; ses agents ne seront ni plus capables, ni plus expérimentés que les conducteurs et pi-

Digitized by Google

queurs des ponts et chaussées ou que les agents des entrepreneurs ordinaires. Sa préoccupation constante, s'il est habile, sera de se maintenir dans les limites de son marché à forfait et de se ménager une grosse fraction de la dépense totale prévue, pour les travaux de la fin, qui sont toujours les plus difficiles et les plus dispendieux. Dès lors tous les moyens lui seront bons pour réaliser des économies, en supprimant ou en restreignant le plus possible toutes ces précautions accessoires et préventives qui assurent la stabilité des terrassements, aussi bien que la durée des ouvrages d'art, tels que le régalage des remblais, l'adoucissement et la consolidation des talus des tranchées, les assainissements, le choix et l'extraction en temps utile des matériaux de construction, les soins apportés dans l'établissement des fondations et dans l'exécution des maçonneries, des charpentes, du ballast, de la voie, etc. Son but sera atteint s'il parvient à faire accepter ses travaux, *comme terminés*, sans s'inquiéter des avaries qui pourront se manifester dès le lendemain de la réception et encore moins de la garantie séculaire qu'ils devraient offrir !

Comme l'entrepreneur général est maître absolu sur ses chantiers, il s'arrange de telle sorte que le contrôle des agents de la compagnie propriétaire du chemin soit aussi pénible et aussi insignifiant que possible, et l'on peut être sûr qu'il y arrive.

Quand le marché à forfait est avantageux, l'entrepreneur général réalise quelques millions ou quelques centaines de mille francs de bénéfice, en laissant toujours beaucoup à faire après lui pour le parachèvement des travaux. Quand le marché est onéreux, il trouve aisément l'occasion de l'éluder ou d'en obtenir la résiliation, en faisant naître des difficultés et en provoquant des procès dont il est bien rare que l'issue soit favorable aux sociétés concessionnaires ; tant les intérêts privés sont habiles à se défendre devant des arbitres ou devant les tribunaux de commerce, et tant



Digitized by Google

ils savent exagérer l'importance de ce qu'ils ont fait, de leurs efforts continus, des sommes déjà absorbées par une mauvaise affaire, et apitoyer les neutres sur la perte d'une fortune péniblement acquise.

C'est ainsi que se sont liquidés bien des marchés à forfait passés pour les lignes de Dijon à Besançon, de Besançon à Belfort, d'Auxonne à Gray, de Dôle à Salins, pour les chemins de Rhône et Loire et du Grand Central, etc., etc... La compagnie de Paris à Lyon et à la Méditerranée a dépensé des dizaines de millions pour achever ces lignes et pour construire à nouveau certains ouvrages. Il reste d'ailleurs d'autant plus à faire que le profil en long et les profils en travers sont plus accidentés.

Le souterrain de Terre-Noire, par exemple, entre Saint-Étienne et Lyon, quelques jours après une expertise qui le déclarait recevable, en constatant qu'il avait été exécuté suivant toutes les règles de l'art, s'est éboulé sur plusieurs centaines de mètres, et la compagnie a été obligée de consacrer plusieurs millions à reconstruire en entier, sur toute leur longueur, la voûte et les pieds-droits, dans lesquels on a reconnu à chaque pas des malfaçons déplorables.

Nous n'aurions que l'embarras du choix, sur les chemins de fer français et étrangers, pour fournir d'autres preuves aussi saisissantes du surcroît de dépenses qu'ont eu à supporter toutes les compagnies assez peu clairvoyantes ou assez peu soucieuses des intérêts de leurs actionnaires pour confier leurs travaux à des entrepreneurs à forfait. Il est même arrivé que des marchés de ce genre n'ont été qu'un prétexte et un moyen de faire participer des administrateurs aux bénéfices d'une entreprise générale, en prélevant le plus clair de ces bénéfices sur les sous-traitants chargés en réalité de l'exécution. Voici ce qu'on lit dans le compte rendu statistique de la ligne de Montluçon à Moulins, dressé par M. Nordling, ingénieur en chef de la compagnie d'Orléans :

« La compagnie de Montluçon à Moulins était à peine « constituée qu'elle passa, à la date du 6 mai 1854, avec « M. X***, un marché général de 21 millions, comprenant « à forfait la totalité des travaux et fournitures, terrains, « ouvrages d'art, bâtiments, matériel fixe et roulant. Un « mois après, l'entrepreneur général fit connaître au con- « seil les sous-traitants qu'il s'était réservé de choisir; « mais il faut croire que ces divers moyens étaient conve- « nus à l'avance, car, dès le mois de février, l'ingénieur « en chef de MM. Soulié et Hunebelle, sous-traitants des « terrassements et ouvrages d'art, se mettait à l'œuvre « pour déterminer le tracé. . . . .

« Le premier coup de pioche ne fut donné qu'en janvier « 1856, après la fusion avec la compagnie du Grand-Cen- « tral. . . . .

« Le 1er mars 1857, quatre mois avant la dissolution du « Grand-Central, l'entrepreneur général obtint l'autorisa- « tion de se retirer avec une indemnité de 3 millions, en « laissant la compagnie en présence de ses sous-traitants, « dont les marchés étaient évalués au total de 18 millions. »

Cette citation est assez significative par elle-même et nous dispense de tout commentaire. Nous nous contenterons d'ajouter que si les chemins de fer n'ont pas pu s'exécuter à bon marché, ce n'est pas aux ingénieurs qu'il faut s'en prendre, mais à la nature même de ces voies de communication exceptionnelles et à la continuité des dépenses qu'entraînent leur organisation, leur construction et leur exploitation.

§ 2. — *Comparaison des prix de revient kilométriques de quelques lignes à une voie.*

I.

En nous reportant à l'exposé de la situation de l'empire, présenté au sénat et au corps législatif, pour l'année 1867, nous voyons que sur les 21 040 kilomètres de chemins de fer concédés, qui constituent en ce moment le réseau français, les dépenses faites ou à faire par les compagnies s'élevaient à un total de 7 882 680 000 francs, ainsi répartis :

3 723 816 000 francs pour les 9 754 kilomètres de l'ancien réseau et 4 158 864 000 francs pour les 11 286 kilomètres du nouveau réseau ; ce qui fait ressortir la dépense kilométrique des lignes de l'ancien réseau à la charge des compagnies à 381 773 francs, et la dépense kilométrique des lignes du nouveau réseau à 368 498 francs.

Les subventions accordées par l'état s'élèvent en outre moyennement à 68 726 francs par kilomètre, tant comme travaux exécutés que comme argent avancé, de sorte que le prix de revient définitif est de 450 499 francs par kilomètre pour l'ancien réseau, et de 437 224 francs par kilomètre pour le nouveau réseau. Ces chiffres sont trop éloquents par eux-mêmes pour que nous ayons besoin de les commenter ; ils montrent que les lignes nouvelles, eu égard à l'insuffisance de leurs produits pendant les premières années, reviennent presque aussi cher que les anciennes, quoiqu'elles n'aient pas été grevées des mêmes frais de construction pour les immenses gares établies à Paris et dans les grandes villes. On voit par là quelle énorme différence sépare, comme dépense, les 21 040 kilomètres de chemins de fer exécutés ou projetés jusqu'à ce jour, sur le territoire français, des prétendus chemins économiques que l'on rêve et que l'on espère construire.

Nous ne connaissons pas la dépense réelle des 22 à

Digitized by Google

23.000 kilomètres de chemins de fer livrés à la circulation que les iles Britanniques possèdent actuellement; mais, d'après un article publié dans le *Moniteur* du 28 novembre 1866, les prix de revient pour les sections exécutées pendant l'année 1854 ont été par kilomètre :

de 605 850 francs en Angleterre;
de 341 750 francs en Écosse;
de 201 950 francs en Irlande.

En Belgique, les lignes exécutées par l'état sont revenues à 300 000 francs par kilomètre.

En Autriche, le prix de revient kilométrique moyen a été d'environ 290 000 francs.

Il a été de 263 000 francs en Prusse et de 242.000 francs dans les autres états allemands, où le relief du sol est beaucoup moins accidenté qu'en France; et, qu'on ne l'oublie pas, les chiffres ci-dessus sont déduits de plus de 20 000 kilomètres exécutés dans ces trois derniers pays.

Chemins de fer d'Écosse. — On peut donc affirmer, sans crainte de se tromper, que les 300 kilomètres de lignes écossaises, citées dans la brochure de M. Charles Bergeron, qui avait pour titre : *les chemins de fer à bon marché*, ne constituent qu'une très-minime exception et ne sauraient être comparés même à nos lignes les plus secondaires. Leur exécution a été des plus faciles; leur dépense kilométrique, qui s'est abaissée parfois jusqu'à 80 000 francs, s'élève en moyenne à 110 000 francs, se décomposant de la façon suivante :

	francs.
1° Frais généraux et de parlement, frais d'études, de personnel, intérêts et commissions de banque, etc.. . .	10 000
2° Acquisition des terrains.	12 500
3° Terrassements, ouvrages d'art, voies et stations. . . .	87 500
Total.	110 000

A quoi il faut ajouter 10 à 15 000 francs par kilomètre

Digitized by Google

pour le matériel roulant, qu'il soit fourni par la société de construction ou par la compagnie exploitante.

Sur plusieurs de ces chemins, les clôtures ne consistent qu'en de simples lattes en bois très-espacées; les haies vives n'existent point; beaucoup de passages à niveau sont sans maison de garde; les stations sont remplacées par un simple abri en charpente, à deux ou trois compartiments, où le chef de gare ne réside pas; parfois le même agent remplit simultanément les fonctions de receveur, facteur et gardien du passage à niveau. Une marquise en bois sert d'abri aux voyageurs. Le public aide lui-même au chargement et au déchargement des marchandises qu'il reçoit ou expédie dans les gares. Les riverains se tiennent au courant des heures de passage des trains et exercent eux-mêmes la surveillance nécessaire à la sécurité de la voie, comme à celle des voitures et des bestiaux qui la traversent. Il n'y a sans doute qu'un très-petit nombre de croisements ou de changements de voie, pas de plaques tournantes, ni de signaux d'aiguilles, ni de sémaphores, etc., comme on en exige sur toutes les lignes françaises; souvent un seul train fait la navette d'une extrémité à l'autre de ces voies, dont la longueur est très-restreinte.

Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que plusieurs de ces petits chemins fassent leurs frais avec une recette brute de 9 700 francs par kilomètre en moyenne, les dépenses d'exploitation s'élevant à 6 000 francs environ, savoir :

	francs.
Administration centrale et frais généraux. .	900
Entretien de la voie.	900
Matériel et traction.	2 000
Exploitation.	1 500
Location et entretien du matériel roulant. .	700
Total.	6 000

Il reste 3 700 francs de produit net, c'est-à dire un intérêt de 3.36 p. 100 du capital dépensé pour la construction.

Digitized by Google

Exemples fournis par les chemins de fer français. — Mais les exemples analogues sont trop rares pour en conclure que les chemins de fer d'intérêt local peuvent être construits aussi économiquement, et il nous semble beaucoup plus rationnel de chercher des données et des termes de comparaison dans les résultats de tous genres que nous fournissent les 20.000 kilomètres exécutés ou étudiés dans des conditions si variées de pentes et de rampes, de courbes, de terrassements, d'ouvrages d'art, etc., sur toute la surface de la France et dans des régions présentant les reliefs de terrains les plus différents, à l'est, à l'ouest, au nord et au midi.

Le meilleur moyen de dissiper les illusions persistantes d'une grande partie du public nous paraît être de réunir des faits nombreux pour bien montrer la différence qui existe entre tel ou tel chemin de fer, suivant qu'on peut le tracer en quelque sorte à fleur du sol, comme les routes ordinaires, ou qu'on est obligé de lui faire franchir des faîtes élevés, des dépressions profondes, de larges rivières, etc... Beaucoup de lignes du quatrième réseau se trouvent dans ce cas-là, sans compter que les prescriptions si minutieuses du cahier des charges n'ont pas varié et que les exigences locales, auxquelles on est tenu de satisfaire, vont toujours en augmentant.

Afin de mieux fixer les idées, nous ferons une description succincte de quelques-unes des lignes récemment exécutées par la compagnie de Lyon dans les départements du Jura, du Doubs, de l'Ain, de la Côte-d'Or, de Saône-et-Loire et de l'Yonne, et nous comparerons leurs dépenses kilométriques avec celles de quelques autres chemins dont les détails de construction nous sont aussi connus. Nous en déduirons ensuite les chiffres moyens auxquels il y aurait lieu d'évaluer le *prix de revient* des nouvelles lignes projetées, lorsque leur tracé offrira des conditions à peu près semblables, au point de vue du relief du terrain, du nombre et de l'importance des ouvrages d'art, des stations, etc.

Digitized by

Si un travail du même genre était fait, avec beaucoup plus de précision que le nôtre, par les soins du bureau de la statistique attaché au ministère des travaux publics, pour toutes les lignes exécutées tant en France qu'à l'étranger, dans les pays de plaines, dans les pays de collines, dans les pays de montagnes, non-seulement on arriverait bien vite à posséder des bases à peu près certaines d'estimation dans chaque région particulière des quatre-vingt-neuf départements, mais on pourrait y joindre encore tous les éléments du trafic probable des nouveaux chemins. Dès lors il serait beaucoup plus facile à l'administration de se tenir en garde contre les prévisions trop optimistes de tous ceux qui projettent des travaux à bon marché ou de ceux qui rêvent une recette rémunératrice là où les voyageurs et les marchandises feront toujours défaut et où le produit brut ne couvrira qu'une partie des frais d'exploitation, quelque réduits qu'on les suppose.

Nos éléments de comparaison sont empruntés à un rapport déjà ancien de M. Morandière, ingénieur en chef des ponts et chaussées, directeur des travaux neufs du réseau ouest de la compagnie d'Orléans, rapport sur la construction des chemins de fer de Poitiers à la Rochelle, de Tours au Mans et de Nantes à Saint-Nazaire, qui a été inséré dans les *Annales* des mois de novembre et décembre 1862 ; aux intéressants documents publiés par M. Desnoyers, ingénieur en chef des ponts et chaussées et des lignes de la Bretagne et de la Vendée, sur les chemins de fer de Nantes à Châteaulin et de Châteaulin à Landerneau ; puis par M. Nordling, ingénieur en chef du réseau central d'Orléans, sur les lignes de Montluçon à Moulins, de Montluçon à Limoges, de Bourges à Montluçon, et enfin aux renseignements que nous a fournis M. Ledru, ingénieur des ponts et chaussées, directeur des travaux de la compagnie de l'Est, sur les lignes d'Épinal à Remiremont, de Lunéville à Saint-Dié et d'Avricourt à Dieuze.

Comparaison des prix de revient. — Toutefois il importe de bien faire remarquer que plusieurs des lignes à comparer ayant leurs terrassements et leurs ouvrages d'art effectués pour deux voies; que dans d'autres les terrassements n'étant exécutés que pour une voie; que dans quelques-unes, enfin, les terrains seuls ayant été acquis pour deux voies, il était nécessaire de les ramener toutes à un type uniforme. Pour cela, nous avons dû admettre, comme beaucoup d'ingénieurs l'ont fait déjà :

1° Que le *supplément* de surface correspondant à la seconde voie représentait environ le *dixième* de la valeur totale des terrains ;

2° Que la *différence* entre les terrassements et les ouvrages d'art, exécutés pour deux voies ou pour une seule, équivalait environ au *cinquième* de leur dépense totale.

Avec ces données et en tenant compte aussi des travaux exceptionnels de certaines lignes, tels que perrés, muraillements, pose d'une partie de la seconde voie, etc., etc., nous sommes arrivés à des chiffres qu'on peut considérer comme assez approximatifs pour donner une idée exacte des prix de revient de tous les chemins de fer pris pour types et ramenés à l'hypothèse d'une voie unique. Nous avons dû encore ajouter à ces prix de revient les frais généraux d'administration des compagnies, évalués à 1 p. 100 des dépenses de toute nature, et les intérêts des fonds employés pendant la période de la construction. La durée des travaux étant ordinairement de deux à trois années, les intérêts ne sauraient être fixés à moins de 7 ou 8 p. 100 de la dépense réelle ; car on n'emprunte guère à moins de 5,50 p. 100, amortissement compris, et l'on a besoin d'avoir toujours une certaine avance et, par conséquent, des capitaux en caisse, non productifs d'intérêts. Soit que l'on répartisse les payements à effectuer aux entrepreneurs d'une manière uniforme, chaque année, ou par quarts pour la première et la troisième année, et par moitié pour la

Digitized by

deuxième, qui est généralement celle où l'activité des chantiers est la plus grande, le calcul des intérêts cumulés, pour une période de trente à trente-cinq mois, conduit à plus de 8 p. 100.

Afin de nous maintenir dans les limites les plus strictes et de ne pas être accusé d'exagérer à plaisir les dépenses, nous nous sommes arrêté au chiffre de 8 p. 100 d'intérêt, pour les lignes dont la dépense totale dépasse 200 000 francs par kilomètre et qui exigent environ trois ans pour leur construction, et à celui de 7 p. 100 pour les lignes coûtant moins de 200 000 francs par kilomètre, dont la période d'exécution peut être moindre. Quant au taux de 5.50 p. 100 fixé pour l'intérêt des emprunts et leur amortissement en quatre-vingt-dix-neuf années, on ne saurait le trouver trop élevé, puisque le gouvernement se décide, à l'heure actuelle, à accepter les mêmes conditions pour les chemins de fer du quatrième réseau qu'il veut exécuter lui-même ou par l'intermédiaire des grandes compagnies.

Premier groupe. — Lignes de Châteaulin à Landerneau; — de Nantes à Saint-Nazaire; — de Mouchard aux Verrières; — de Lons-le-Saunier à Mouchard; — de Montluçon à Moulins avec embranchements sur Bézenet et Saint-Jacques.

Finistère. 1° *Ligne de Châteaulin à Landerneau.* — Elle présente, sur une longueur de 52 478 mètres, de très-grandes difficultés de tracé, parce qu'elle coupe à peu près perpendiculairement les derniers contre-forts des monts d'Arrée qui entourent la rade de Brest. Il était impossible de contourner ces promotoires si aigus et si déchiquetés, et il a fallu prendre le parti de les couper et de traverser en même temps les vallées profondes qui les séparent; de là sont résultés des terrassements considérables. les trois grands viaducs de Port-Launay (48 mètres de hauteur), de Pont-de-Buis (40 mètres de hauteur) et de Daoulas (37 mètres de hauteur), et le souterrain de Neiz-Vran, qui a

431^{m}.50 de longueur. Le point de départ, à la gare de Châteaulin, se trouve à la cote de 52^{m}.50; le point d'arrivée, à la gare de Landerneau, est à la cote de 30^{m}.09.

Dans l'intervalle, le profil en long s'élève, au faîte de Perros, à 86^{m}.50, descend, pour passer la Doujine, à 55 mètres, remonte au faîte de Neiz-Vrau, à 120^{m}.52, redescend peu à peu, pour franchir la rivière de Daoulas, à 44 mètres, remonte vers le faîte de Dirinon, à 102^{m}.45, et redescend encore jusqu'au niveau de l'Elorn, à 14^{m}.06.

L'inclinaison maxima de 0^{m}.012 par mètre a dû être adoptée sur une longueur de 13 133 mètres en rampe et de 6 809 mètres en pente, ce qui représente 38 p. 100 environ du parcours total. La longueur cumulée des pentes et rampes est à celle des paliers horizontaux dans le rapport de 76.5 à 23.5.

Les courbes offrent un développement de 28 069 mètres, soit 53 p. 100 de la longueur totale; celles de 500 mètres de rayon sont au nombre de trente-cinq et représentent 28 p. 100 du parcours.

La largeur moyenne de la zone acquise pour deux voies est de 35^{m}.77. Le cube moyen des terrassements est de 49^{m}.36, et l'on a employé 2^{m}.339 de ballast par mètre linéaire de voie, tassement compris. Indépendamment des grands ouvrages d'art signalés ci-dessus, cette ligne a nécessité la construction de cent douze ouvrages ordinaires, pour routes, chemins et cours d'eau; ce qui correspond à plus de deux par kilomètre, sans compter trente-cinq passages à niveau avec maisons de gardes.

Les stations sont au nombre de cinq; leur espacement moyen est de 10 786 mètres.

La dépense kilométrique de tous les travaux exécutés pour deux voies est, d'après M. Desnoyers, de 341 341 fr.; elle s'élève jusqu'à 689 857 francs pour les 8 342 mètres de la section de Port-Launay, et s'abaisse à 187 780 francs pour les 13 440 mètres de la section de Hanvec.

Digitized by Google

Ainsi que nous venons de le dire, ces chiffres se trouveront réduits, dans les tableaux comparatifs ci-après, de tout l'excédant de dépense qui est censé correspondre aux terrains et aux travaux de la seconde voie.

Loire-Inférieure. 2° Ligne de Nantes à Saint-Nazaire. — Elle a 61 800 mètres de longueur, part des quais de Nantes et suit le pied des coteaux qui bordent la rive droite de la Loire jusque vers Couëron; de là elle passe au pied du sillon de Bretagne, revient ensuite dans la vallée et arrive à Saint-Nazaire, parallèlement au bassin à flot.

La sortie de Nantes a présenté des difficultés sérieuses et a nécessité la démolition d'un grand nombre de vieilles maisons. Dans toutes les parties où le chemin est situé dans le val de la Loire, il a été établi à 2 mètres au-dessus des plus hautes crues et se trouve défendu par des perrés du côté du fleuve. Dans la partie correspondant au sillon de Bretagne, le profil en long présente une succession de déblais et remblais d'autant plus coûteux que la majeure partie des tranchées est ouverte dans les roches dures de granit et de schiste.

Sauf trois courbes de 500 mètres à la sortie de Nantes, les plus petites courbes n'ont pas moins de 1 000 mètres de rayon; les pentes et les rampes ne dépassent pas $0^m.004$. La longueur cumulée des pentes et rampes est à celle des paliers horizontaux dans le rapport de 44.8 à 55.2.

Le développement total des courbes est à celui des alignements droits dans le rapport de 27 à 73.

Les terrains, achetés pour deux voies, offrent une largeur moyenne de $35^m.60$ par mètre linéaire. Le cube moyen des terrassements, exécutés également pour deux voies, est de $30^{m}.48$, et le cube moyen de ballast, de $2^{m^3}.34$ par mètre linéaire de voie.

Les nombreux ruisseaux et canaux qui sillonnent le pays ont nécessité beaucoup de petits ouvrages d'art. Il y en a 110 construits pour deux voies, soit 1 ouvrage 4/5 par

Digitized by Google

kilomètre, non compris 54 passages à niveau avec maisons de gardes.

Il y a neuf stations, parmi lesquelles celle de Saint-Nazaire a une assez grande importance. Leur espacement moyen est de 8 052 mètres.

Le prix de revient kilométrique donné par M. Morandière, pour l'ensemble des travaux, est de 300 385 francs.

Jura et Doubs. 3° Ligne de Mouchard aux Verrières (frontière suisse).

Cette ligne offre une longueur de 72 582^{m}.40 et a été ouverte dans un pays très-accidenté, puisqu'elle traverse toute la chaîne des monts Jura. Son tracé part de la gare de Mouchard à la cote de 288 mètres, et s'élève successivement, par des courbes nombreuses dont le rayon se réduit souvent à 350 mètres et avec des rampes de 2 centimètres (0^{m}.02), puis de 1 centimètre (0^{m}.01) par mètre, sur le premier et sur le second plateau jurassique, situés à 640 mètres et à 860 mètres d'altitude. A partir de Pontarlier, le profil en long monte encore jusqu'à la frontière suisse, dont la cote est de 919 mètres. La différence de niveau entre le point d'arrivée et le point de départ est ainsi de 631 mètres.

La longueur cumulée des rampes est de 45 305 mètres; celle des pentes est de 8 492 mètres; ce qui représente 74 p. 100 du parcours total. Le développement des courbes est de 34 839 mètres, soit 48 p. 100; beaucoup n'ont que 350 mètres de rayon, ce qui donne une idée de la configuration tourmentée du sol.

Indépendamment des tranchées et remblais considérables qui se succèdent sur une partie de son parcours, l'exécution de cette ligne a nécessité l'établissement d'ouvrages d'art importants, tels que les viaducs de Montigny et d'Andelot, de 22 mètres et de 27^{m}.50 de hauteur, les deux ponts sur le Drugeon et sur le Doubs, et une dizaine de tunnels présentant une longueur totale de 2 070 mètres.

Digitized by Google

Il y a, en outre, 142 ouvrages d'art ordinaires pour passages de routes et chemins, ruisseaux, etc..., ce qui fait 2 ouvrages environ par kilomètre, non compris 33 passages à niveau avec maisons de gardes.

Les terrains ont été acquis pour deux voies, avec une largeur moyenne de 31^{m}.91, y compris la superficie des gares.

Les terrassements, exécutés pour une seule voie, présentent un cube de 27^{m}.63 par mètre courant. Les ouvrages d'art sont construits pour les deux voies. La voie a été ballastée avec de la pierre cassée et du gravier, et l'on y a employé 2^{m3}.46 par mètre linéaire, tassement compris.

Les gares ou stations sont au nombre de neuf; leur espacement moyen est de 9 072^{m}.80. Celle de Pontarlier comprend un bâtiment spécial pour la douane, une remise de machines, une remise de voitures et une prise d'eau; deux autres prises d'eau existent sur l'étendue de la ligne.

Le coût total des travaux est de 257 073 francs par kilomètre, non compris les frais généraux et les intérêts pendant la période de la construction.

Jura. 4^{e} *Ligne de Lons-le-Saulnier à Mouchard.*— Elle a 49 399 mètres de longueur, et forme la seconde section de la ligne de Bourg à Besançon. A partir de la gare de Lons-le-Saulnier, où la cote du rail est de 267^{m}.90, le tracé s'engage dans une dépression de terrain existant entre le revers occidental de la chaîne du Jura et une colline isolée, jusqu'au col de la Liesme, point culminant situé à 331^{m}.69. Il descend ensuite vers Domblans, où il franchit la Seille, à la cote de 248^{m}.13, remonte au col de Saint-Lamain, qui est traversé en tunnel, se maintient après sur le versant des coteaux tourmentés qui existent à la base de la chaîne du Jura et constituent la zone intermédiaire entre la montagne et la plaine; puis il se rapproche successivement, par deux brusques contours, des villes de Poligny et d'Arbois, dont il traverse le territoire, à la cote de 294^{m}.67

Digitized by Google

pour la première et de 268m.50 pour la seconde; enfin il vient se raccorder à la gare de Mouchard, avec la double ligne de Dôle à Salins et de Mouchard à la frontière suisse, à la cote de 288 mètres.

Les pentes et rampes atteignent souvent 0m.015; leur longueur cumulée est à celle des paliers horizontaux dans le rapport de 69.9 à 30.1.

Le rayon minimum des courbes est de 400 mètres; leur développement est égal, à peu de chose près, à celui des alignements droits.

Les seuls ouvrages à signaler sont le tunnel de Saint-Lamain et les ponts sur la Vallière, la Seille et la Cuisance; mais les terrains accidentés que le chemin de fer traverse ont nécessité des terrassements assez considérables, exécutés en général pour une seule voie.

La largeur moyenne de la zone acquise pour deux voies est de 40m.27. Le cube moyen des terrassements est de 22m.75 par mètre linéaire. Ils sont composés pour la majeure partie de terrains argileux qui ont exigé beaucoup d'assainissements et de consolidations. Il y a près de 3 ouvrages par kilomètre, pour routes, chemins et cours d'eau, non compris 27 passages à niveau avec maisons de gardes.

Le cube moyen du ballast employé est de 2m.52 par mètre linéaire de voie.

Les stations sont au nombre de huit; leur espacement moyen est de 6 174m.90. Celle de Lons-le-Saulnier comporte des remises de voitures et de machines ainsi qu'une prise d'eau. Une autre prise d'eau existe à Poligny.

Le prix de revient, pour l'ensemble des travaux exécutés, est de 244 637 francs par kilomètre.

Allier. 5e *Ligne de Montluçon à Moulins*. — Cette ligne a 88 396 mètres de longueur, en y comprenant les deux embranchements de Bézenet et de Saint-Jacques et l'amorce de la ligne de Bourges. Le premier de ces embranchements a 4 955 mètres, le second 1 125 mètres, et l'amorce de la

Digitized by Google

ligne de Bourges 1 696 mètres, ce qui réduit la ligne principale à 80 620 mètres.

Le tracé part de la gare de Montluçon, située sur la rive droite du Cher, à la cote de 211^m.86, et se dirige vers le plateau de Commentry, qui est à la cote de 375^m.97, en serpentant au fond de la gorge de l'Amaron, avec une rampe presque continue de 0^m.015 par mètre sur 13 kilomètres.

A partir de là le tracé s'infléchit vers le nord-est, en descendant d'abord jusqu'à la cote 255^m.86, près de Villefranche, et remontant ensuite jusqu'au col de Tronget, qui appartient au faîte séparatif des bassins du Cher et de l'Allier et se trouve à la cote de 458^m.86. Entre ce col et Moulins la différence de niveau de 232 mètres est rachetée au moyen de déclivités qui atteignent souvent 0^m.015. Le revers de la Quenne, étant assez incliné et découpé par de nombreux ravins, a nécessité deux petits tunnels et plusieurs tranchées et remblais considérables. A Messarges, une vallée latérale est franchie sur un viaduc en maçonnerie de 25^m.80 de hauteur; ce n'est qu'à partir de Souvigny que le tracé, ayant rejoint le fond de la vallée, se trouve dans des conditions ordinaires. On arrive à la gare de Moulins, après avoir traversé l'Allier sur un pont métallique, à la cote de 226^m.70.

La longueur cumulée des pentes et rampes est à celle des paliers horizontaux dans le rapport de 78.7 à 21.3. L'inclinaison maximum de 0^m.15 règne sur 33 735 mètres. Les courbes présentent un développement total de 43 392 mètres, qui est à la longueur totale des alignements droits dans le rapport de 49 à 51; le rayon minimum est de 300 mètres; il y a, sur l'étendue du tracé, 7 courbes de ce rayon et 6 de 400 mètres.

Les terrains ont été achetés et les terrassements et ouvrages d'art exécutés pour deux voies, sauf sur l'embranchement de Saint-Jacques qui n'a été construit que pour

Digitized by Google

une seule voie. La largeur de la zone acquise est de 33^m.65. Le cube des terrassements est à peu près de 31 mètres par mètre courant, et celui du ballast de 2^{m3}.75 par mètre linéaire de voie.

Le nombre des ouvrages ordinaires est de 292, ce qui fait 3 ouvrages 1/3 par kilomètre, sans compter 78 passages à niveau avec maisons de gardes.

Il y a sept stations intermédiaires sur la ligne principale et une sur l'embranchement de Bézenet ; leur espacement moyen est de 9 572 mètres.

Le prix de revient kilométrique, donné par M. Nordling, pour l'ensemble des travaux, est de 274 415 francs.

Le tableau ci-après résume les dépenses kilométriques afférentes à toutes les lignes qui précèdent.

Premier groupe.

DÉSIGNATION des Lignes	Frais d'études et de personnel.	Terrains.	Terrassements.	Ouvrages d'art.	Voie et matériel fixe.	Stations et maisons des gardes.	Frais généraux et intérêts pendant la construction.	Totaux
	Francs.	Francs.	Francs.	Francs.	Francs.	Francs.	Francs.	Francs.
Châteaulin à Landerneau (52 478 mèt.).	13 339	21 781	78 037	111 201	51 354	17 855	26 421	319 988
Nantes à Saint-Nazaire (61 800 mèt.)	5 461	63 050	55 533	45 538	67 065	31 461	24 130	292 241
Mouchard (aux Verrières (72 582 mèt.).	9 330	14 018	89 212	61 174	46 858	22 164	21 848	264 604
Lons-le-Saulnier à Mouchard 49 399^m).	9 078	35 152	67 408	33 630	51 [illegible]27	36 274	21 013	254 482
Montluçon à Moulins (88 396 mèt.). . . .	6 048	23 186	62 996	42 000	66 015	32 412	20 940	253 597
Moyennes du premier groupe.	8 652	31 437	70 637	58 709	56 644	28 033	22 870	276 982

Il résulte de cette comparaison que les chemins de fer construits ou à construire à une seule voie, dans des conditions analogues à celles qui se sont présentées pour les cinq lignes ci-dessus, dans les départements du Finistère, de la Loire-Inférieure, du Jura, du Doubs et de l'Allier, doi-

vent revenir à peu près à 270 000 francs le kilomètre, si l'on tient compte des intérêts pendant la période de la construction, et à 250 000 francs le kilomètre, si l'on ne tient pas compte de ces intérêts.

La partie des dépenses dans laquelle se trouvent moins engagés la capacité, l'expérience et l'esprit d'économie des ingénieurs, c'est-à-dire celle correspondant aux acquisitions de terrains, à la voie, au matériel fixe et aux stations ou gares, monte au chiffre d'environ. .	fr. 115 000
L'autre partie, comprenant les études, l'exécution des terrassements et des ouvrages d'art, arrive au chiffre moyen de.	135 000
Total.	250 000

Si l'on ne faisait pas entrer en ligne de compte les acquisitions de terrains de la ligne de Nantes à Saint-Nazaire, qui se sont élévées à un très-haut prix, la première moyenne ci-dessus se réduirait de 115 000 à 107 000 francs.

D'un autre côté, si l'on faisait abstraction de la dépense exceptionnelle des ouvrages d'art de la ligne de Châteaulin à Landerneau, la seconde moyenne ci-dessus se réduirait de 135 000 à 122 000 francs; le prix de revient kilométrique se trouverait par suite abaissé à 229 000 francs; mais ces deux hypothèses sont trop favorables au bon marché idéal pour que nous les admettions! Il y aura toujours, en effet, dans les pays difficiles, quelque circonstance particulière qui augmentera les dépenses.

En conséquence, les prix kilométriques ci-dessus, de 270 000 francs et de 250 000 francs, avec ou sans les intérêts des fonds dépensés, doivent être maintenus.

Digitized by Google

Deuxième groupe. — Lignes de Montluçon à Limoges avec embranchement d'Aubusson; — de Savenay à Lorient; — de Chagny au Creusot et à Montceau; — de Lorient à Châteaulin; — de Nuits-sous-Ravières à Châtillon-sur-Seine; — de Bourg à Lons-le-Saulnier; — de Poitiers à la Rochelle et à Rochefort.

Allier, Creuse, Haute-Vienne. 1° *Ligne de Montluçon à Limoges.* — Elle a une longueur de 121 750 mètres entre son point de départ situé sur la ligne de Montluçon à Bourges, après le passage du Cher, et son point de raccordement à Saint-Sulpice-Laurière, avec la ligne de Limoges à Châteauroux, que l'on a rectifiée sur 2 001 mètres. L'embranchement d'Aubusson a été, en outre, exécuté sur 15 103 mètres, ce qui porte la longueur totale construite à 138 854 mètres.

Le tracé s'élève avec une rampe continue de 0m.010 à 0m.0125, sur plus de 23 kilomètres, jusqu'au faîte séparatif du Cher et de la petite Creuse, qui est franchi à la cote 438m.06. Après avoir traversé la petite Creuse, au moyen d'un viaduc en maçonnerie, le tracé se maintient dans le bassin de cette rivière jusqu'à Cressat, en coupant toutefois un contre-fort situé à la cote de 469 mètres, puis une dépression du bassin de la Voueyse, affluent du Cher, à la cote de 425m.50. Cressat, point culminant de toute la ligne, est à 510 mètres. Immédiatement après on descend dans la vallée de la Creuse, qui est traversée en viaduc à la cote de 397m.50. A partir de là, le tracé gagne Guéret, puis s'élève sur le faîte séparatif des affluents de la Creuse et de ceux de la Gartempe, en serpentant continuellement. Le col de Montbut est franchi par une très-grande tranchée suivie d'un fort remblai; le tracé redescend dans la vallée de la Gartempe, remonte au faîte qui la sépare d'un de ses affluents, l'Ardour, traverse ensuite cette dernière rivière à la cote de 374 mètres, et vient rejoindre la ligne de Châteauroux à Limoges, à la cote de 401 mètres, après une

Digitized by Google

succession de tranchées et de remblais considérables, entre lesquels se trouve le tunnel de la Rivière.

L'embranchement d'Aubusson est exécuté tout entier sur la rive droite de la Creuse, à la suite du grand viaduc de Busseau-d'Ahun.

La longueur cumulée des pentes et rampes, tant sur la ligne principale que sur l'embranchement, est de 114 978 mètres, tandis que les paliers réunis ne donnent que 21 775 mètres; la proportion est donc de 84 à 16. L'inclinaison maximum est de 0m.015 sur 7 500 mètres. D'une extrémité à l'autre du profil en long, la somme des montées est de 652m.24 et la somme des descentes de 463m.10.

Le développement total des courbes est à celui des alignements droits dans le rapport de 54 à 46. Il y a cinq courbes du rayon minimum de 300 mètres et quarante-trois de 350 mètres. Trois tunnels ont ensemble une longueur de 1 013m.55. Il y a quatre viaducs, dont un très-remarquable avec piles et tablier métalliques, à Busseau-d'Ahun, et 486 ouvrages d'art ordinaires, ce qui fait 3 ouvrages et demi par kilomètre, non compris 71 passages à niveau.

Les terrains ont été achetés pour deux voies, tant sur la ligne principale que sur l'embranchement jusqu'à la station d'Ahun-les-Mines; la largeur moyenne de l'emprise est de 35 mètres.

Les tunnels, viaducs et autres ouvrages d'art de la ligne principale ont été également exécutés pour deux voies. Les terrassements sont presque partout exécutés pour une seule voie; le cube moyen par mètre linéaire est de 31m.62. Le cube du ballast est de 2m.50.

Les stations sont au nombre de quinze entre Montluçon et Saint-Sulpice-Laurière. Il existe également une station sur l'embranchement d'Aubusson. Leur espacement moyen est de 8 600 mètres.

Le prix de revient kilométrique donné par M. Nordling, pour l'ensemble des travaux, est de 226.536 francs.

Loire-Inférieure, Ille-et-Vilaine, Morbihan. 2° *Ligne de Savenay à Lorient.* — Elle présente une longueur totale de 153 373 mètres, y compris l'embranchement sur le port de commerce de Lorient, qui a 1 580 mètres. Le tracé s'embranche sur celui de la ligne de Nantes à Saint-Nazaire, à la sortie de la gare de Savenay, à la cote 16^m.83. Il suit d'abord le pied du sillon de Bretagne, en se dirigeant sur Pont-Château, passe en souterrain sous une partie de cette petite ville, puis s'infléchit vers le nord pour gagner Redon, en franchissant la Vilaine sur une travée métallique de 40 mètres de portée, à la cote 11 mètres. Au delà, le tracé tourne brusquement à l'ouest, traverse les vallées de l'Oust et de l'Ars, s'élève graduellement jusqu'à Malansac, suit pendant 21 kilomètres le plateau presque horizontal de Questembert, dont le point culminant est à la cote 118 mètres, et redescend à Vannes, à la cote 21 mètres, par la vallée accidentée de Saint-Nolff. Après Vannes le chemin se maintient à un niveau peu élevé, c'est-à-dire à moins de 46 mètres de hauteur, jusqu'à Lorient; mais il rencontre sur son parcours les profondes vallées de la Salle, de la rivière d'Auray et du Blavet, qu'il franchit, la première par un remblai de 26 mètres et les deux autres par de grands viaducs. La traversée du Scorff, sur un grand pont métallique suivi d'un viaduc en maçonnerie, qui est l'ouvrage le plus important de la ligne, précède l'entrée à Lorient, à la cote 13^m.50.

Les pentes et rampes sont assez faibles sur tout le parcours; l'inclinaison maximum est de 0^m.0085. La longueur cumulée des pentes et rampes est à celle des paliers horizontaux dans le rapport de 65 à 35.

Toutes les courbes ont au moins 600 mètres de rayon, à l'exception d'une seule de 500 mètres, à la sortie de Vannes.

Le développement total des courbes est à celui des alignements droits dans le rapport de 32 à 68.

Indépendamment des grands ouvrages d'art déjà signa-

Digitized by Google

lés, qui sont au nombre de 10, il y a 281 ouvrages ordinaires, exécutés tous pour deux voies, ce qui fait près de 2 ouvrages par kilomètre, sans compter 108 passages à niveau avec maisons de gardes.

Les terrains ont été achetés pour deux voies, avec une largeur moyenne de 34^{m}.58.

Le cube des terrassements, par mètre linéaire, est de 31^{m}.23 pour les deux voies. Le cube de ballast employé, tassement compris, est de 2^{m}.38 pour une voie.

Il y a sur cette ligne 16 stations, y compris les gares extrêmes de Savenay et Lorient; leur espacement moyen est de 9 990 mètres.

Le prix de revient kilométrique donné par M. Desnoyers, pour l'ensemble des travaux, est de 234 949 francs.

Côte-d'Or, Saône-et-Loire. 3° Ligne de Chagny au Creusot et à Montceau. — Cette ligne a 54 394 mètres de longueur, y compris la voie de raccordement avec les mines de Montceau. Le tracé s'embranche à la station de Chagny, sur la grande ligne de Paris à Lyon par la Bourgogne, à la cote 215^{m}.45, et se maintient dans la vallée de la Dheune, tout près du canal du Centre, jusqu'au point de partage, à la cote 325^{m}.25. C'est dans la gare de Montchanin qu'a lieu la bifurcation de la ligne qui se dirige sur le Creusot, puis sur Nevers et de celle qui se dirige sur Montceau-les-Mines, Digoin et Moulins, en suivant la vallée de la Bourbince. La distance entre Montchanin et le Creusot, dont la cote de hauteur est 353^{m}.70, est de 7 279 mètres; elle est de 16 252 mètres, entre Montchanin et Montceau, dont la cote est 285^{m}.10.

L'inclinaison maximum des pentes et rampes est de 0^{m}.010; leur longueur cumulée est à celle des paliers horizontaux dans le rapport de 53.53 à 46.47.

Le rayon minimum des courbes est de 500 mètres; leur développement total est à celui des alignements droits dans le rapport de 37.42 à 62.58.

Les principaux ouvrages d'art sont les ponts sur la Dheune, sur le canal du Centre et sur la Bourbince. Il y a, en outre, 149 ouvrages d'art ordinaires, soit 2 3/4 par kilomètre, sans compter 39 passages à niveau avec maisons de gardes.

Les terrassements n'ont été effectués, en général, que pour une seule voie; leur cube moyen est de 28^{m}.88 par mètre linéaire. Le cube moyen du ballast est de 2^{m}.46.

La largeur de la zone de terrains, acquise pour les deux voies, est de 36^{m}.60, y compris la superficie des gares.

Tous les ouvrages ont été exécutés pour deux voies, à l'exception d'une vingtaine, situés entre Montchanin et le Creusot.

Les stations sont au nombre de 10, en y comprenant les gares extrêmes de Chagny et du Creusot, dans lesquelles on a établi des installations spéciales. L'espacement moyen est de 5 889^{m}.33. Il existe deux prises d'eau : l'une à Montchanin, l'autre à Montceau.

Le prix de revient kilométrique, pour l'ensemble des travaux, est de 215 779^{f}.42.

Morbihan, Finistère. 4° Ligne de Lorient à Châteaulin.— Elle a 94 169 mètres de longueur. Le tracé quitte la gare de Lorient, à la cote de 15 mètres, et s'élève rapidement sur le plateau de Gestel, situé à la cote 49^{m}.70, sur lequel il se maintient à peu près horizontalement pendant 11 ou 12 kilom., pour descendre ensuite dans la vallée de la Laita, qui est franchie à la cote de 30 mètres, au moyen d'un viaduc de 30 mètres de hauteur et de terrassements considérables, à l'extrémité desquels se trouve la station de Quimperlé. A partir de là, le tracé monte vers le faîte de Rosporden, à la cote 121 mètres, redescend à Quimper, à la cote 5^{m}.26, passe en souterrain sous le contre-fort de Kerfeuntun, s'engage dans la sinueuse vallée du Steïr, qui est traversé vingt fois d'une rive à l'autre, s'élève graduellement jusqu'au col de Trévoalec, à la cote 120^{m}.58, descend par une pente rapide sur les revers accidentés du contre-fort des monta-

Digitized by Google

gnes Noires, franchit en viaduc la vallée de Kerlobert et arrive à la station de Châteaulin, à la cote 52 mètres.

Cette description succincte suffit pour faire comprendre combien le terrain est tourmenté. Il a fallu adopter pour les pentes et rampes l'inclinaison de $0^{m}.010$, sur un grand nombre de points, et elle a été portée à $0^{m}.012$ aux abords de Châteaulin. On a fait un fréquent usage des courbes de 500 mètres de rayon, mais on n'est pas descendu au-dessous de cette limite.

La longueur cumulée des pentes et rampes est à celle des paliers horizontaux dans le rapport de 77.8 à 22.2. Le développement total des courbes est à celui des alignements droits dans le rapport de 39 à 61.

Indépendamment des viaducs de Quimperlé et de Châteaulin, des souterrains de Quimper et de Plogonnec, et des vingt ponts construits sur le Steïr, il y a sur cette ligne cent quatre-vingt-dix ouvrages d'art ordinaires, ce qui fait environ deux par kilomètre, non compris soixante-trois passages à niveau avec maisons de gardes.

Les terrains ont été achetés pour deux voies et présentent une superficie moyenne de $32^{m}.32$.

Le cube des terrassements, par mètre linéaire, est de 36 mètres pour les deux voies. Le cube du ballast employé est de $2^{m}.11$, tassement compris, pour une seule voie.

Il y a sept stations, dont deux principales à Quimper et à Châteaulin. Leur espacement moyen est de 13 688 mètres.

Le prix de revient kilométrique donné par M. Desnoyers, pour l'ensemble des travaux, est de 228 970 francs.

Yonne, Côte-d'Or. 5° Ligne de Nuits-sous-Ravière à Châtillon-sur-Seine. — Cet embranchement, de 35 462 mètres de longueur, se détache de la ligne principale de Paris à Lyon, à la gare même de Nuits-sous-Ravières, à la cote $195^{m}.72$; il traverse immédiatement la vallée de l'Armançon et le canal de Bourgogne et se développe ensuite,

d'abord sur le versant gauche, puis sur le versant droit du vallon de Plainefeau. Le tracé se maintient sur ce dernier versant jusqu'au plateau de Bréviande, faîte de séparation des bassins de l'Armançon et de la Seine, à la cote 257ᵐ.72, descend à la cote 213ᵐ.60 pour franchir la petite rivière de Laignes, et se maintient à peu près au même niveau jusqu'à la traversée de la Seine, près Sainte-Colombe, à la cote 225ᵐ.50. La gare de Châtillon est elle-même à la cote 224ᵐ.55.

Les pentes et rampes ne dépassent pas, en général, 0ᵐ.010 par mètre; sur un seul point on a dû adopter deux rampes successives de 0ᵐ.0108 et de 0ᵐ.0115 sur 2 982 mètres. La longueur cumulée des pentes et rampes est à celle des paliers horizontaux dans le rapport de 67.50 à 32,50.

Le développement total des courbes est à celui des alignements droits dans le rapport de 26.50 à 73.50; le rayon minimum des courbes est d'ailleurs de 450 mètres.

Les seuls ouvrages d'art importants sont les ponts sur l'Armançon, sur le canal de Bourgogne et sur la Seine. Il y a, en outre, soixante et un ouvrages ordinaires pour routes, chemins et écoulements d'eau, ce qui fait un ouvrage 3/4 environ par kilomètre, indépendamment de dix-huit passages à niveau avec maisons de gardes. Tous les ouvrages ont été construits pour une voie, à l'exception de cinq ponts par-dessus le chemin de fer.

Les terrassements, exécutés aussi pour une voie, présentent un cube moyen de 18ᵐ.68 par mètre linéaire. Le cube du ballast employé est de 1ᵐ.96.

Les terrains ont été acquis pour deux voies, avec une largeur moyenne de 32ᵐ.73.

Il y six stations, y compris celle de Nuits-sous-Ravières qui a dû être notablement agrandie. Leur espacement moyen est de 7 077ᵐ.04. La gare de Châtillon-sur-Seine est commune à la compagnie de l'Est, pour la ligne venant de Bar-sur-Seine et pour celle qui se dirige sur Chaumont;

Digitized by Google

elle comprend des remises de machines, de voitures et une prise d'eau.

Le prix de revient kilométrique, pour l'ensemble des travaux à la charge de la compagnie de Lyon, est de 193 018f.77.

Ain, Saône-et-Loire, Jura. 6° *Ligne de Bourg à Lons-le-Saulnier.* — Elle forme la première section du chemin de fer de Bourg à Besançon et a 63 264 mètres de longueur. Le tracé s'éloigne peu, sur tout le parcours, de la direction de la route impériale n° 83 de Lyon à Strasbourg. Il se détache de la ligne de Mâcon à Genève, à 550 mètres avant la gare de Bourg et à la cote 240m.16, et il se maintient à la base des ondulations de terrains qui forment le pied de la chaîne du Jura et la lisière du plateau de la Bresse. Le point le plus bas se trouve près de la station de Coligny, à la cote 209m.40. La cote d'arrivée à la gare de Lons-le-Saulnier est 267m.90.

Les pentes et rampes ne dépassent pas 0m.012; leur longueur cumulée est à celle des paliers horizontaux dans le rapport de 65.89 à 34.11.

Le développement total des courbes est à celui des alignements droits dans le rapport de 37.42 à 62.58. Le rayon minimum adopté est de 500 mètres.

Aucun ouvrage d'art important n'est à signaler. Il y a cent cinquante-six ponts et aqueducs pour routes, chemins et cours d'eau, ce qui fait près de deux ouvrages 1/2 par kilomètre, sans compter quarante-neuf passages à niveau avec maisons de gardes. Tous ces ouvrages ont été construits pour deux voies.

Les terrassements, exécutés pour une seule voie, offrent un cube moyen de 19m.09 par mètre linéaire. Le cube du ballast est de 2m.97, les tassements des remblais, composés de terres argileuses, ayant été très-considérables.

La largeur moyenne des terrains acquis pour deux voies est de 28m.89.

Les stations, non compris celles de Bourg et de Lons-le-

Digitized by Google

Saulnier, sont au nombre de neuf, espacées moyennement de 6 381 mètres. Il y a une prise d'eau à Saint-Amour.

Le prix de revient kilométrique, pour l'ensemble des travaux, est de 197 751 francs.

Vienne, Deux-Sèvres, Charente-Inférieure. 7° Lignes de Poitiers à la Rochelle et à Rochefort. — Cette ligne a 158 276 mètres de longueur et s'embranche sur celle de Paris à Bordeaux, dans la gare de Saint-Benoît, à 4 222 mètres au delà de Poitiers, à la cote 85^{m}.50. Le tracé s'élève sur le plateau de Coulombiers, à la cote 142 mètres, par la petite vallée de Fontaine-le-Comte, franchit la Vonne, à Lusignan, et atteint un peu avant Rouillé, à la cote 160^{m}.49, le faîte qui sépare le bassin du Clain et de la Vienne de celui de la Sèvre Niortaise ; il descend dans le val de la Sèvre en s'appuyant sur le flanc des coteaux de Pamproux, passe à Saint-Maixent, à la cote 65^{m}.91, puis à Niort, à la cote 29^{m}.27, se bifurque à Aigrefeuille en deux branches, l'une dirigée vers la Rochelle, l'autre vers Rochefort, où il arrive a la cote 5^{m}.50.

De Saint-Benoît à Niort, le pays est très-accidenté et difficile ; les pentes et rampes atteignent 0^{m}.0085, et il y a trois courbes de 500 mètres de rayon. Au delà de Niort, les mouvements du terrain sont beaucoup moins prononcés ; mais ils présentent de grandes ondulations qui ont exigé des terrassements considérables. Le minimum des rayons des courbes est de 800 mètres dans cette partie, et le maximum des pentes et rampes est de 0^{m}.005.

La longueur cumulée des pentes et rampes est à celle des paliers horizontaux, pour toute la ligne, dans le rapport de 76 à 24.

Le développement total des courbes est à celui des alignements droits dans le rapport de 25 à 75.

Les principaux ouvrages d'art sont : le pont sur le Clain, les viaducs du Parc et de Lusignan, le pont de Saint-Maixent et le viaduc de la Crèche. Les ouvrages d'art ordi-

naires pour routes, chemins et ruisseaux, construits pour deux voies, sont au nombre de cent trente-cinq, moins d'un par kilomètre, mais il y a en outre quatre-vingt-neuf passages à niveau avec maisons de gardes.

Les terrains, acquis pour deux voies, présentent une largeur moyenne de 32 mètres.

Les terrassements, exécutés pour deux voies, cubent $30^{m}.63$ par mètre linéaire. Le cube moyen du ballast employé atteint $3^{m}.06$ pour une seule voie.

Les stations sont au nombre de dix-neuf, non compris celle de Poitiers ; leur intervalle moyen est de 8 757 mètres.

Le prix de revient kilométrique donné par M. Morandière, pour l'ensemble des travaux, est de 202 191 francs.

Le tableau ci-après résume les dépenses kilométriques afférentes à ce deuxième groupe, qui comprend sept lignes construites dans les quinze départements de l'Allier, la Creuze, la Haute-Vienne, la Loire-Inférieure, l'Ille-et-Vilaine, le Morbihan, Saône-et-Loire, le Finistère, l'Yonne, la Côte-d'Or, l'Ain, le Jura, la Vienne, les Deux-Sèvres et la Charente-Inférieure.

Deuxième groupe.

DÉSIGNATION des lignes.	Frais d'études et de personnel.	Terrains	Terrassements.	Ouvrages d'art.	Voie et matériel fixe.	Stations et maisons de gardes	Frais généraux et intérêts pendant la construction.	Totaux.
	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.
Montluçon à Limoges (138 854 mèt.). . . .	10 551	13 728	73 184	40 549	52 212	26 283	19 486	235 993
Savenay à Lorient (153 373 mèt.). . . .	9 858	19 071	50 802	36 143	58 785	36 752	19 027	230 438
Chagny au Creusot et à Monceau (54 394^{m})	6 488	30 009	57 506	20 934	62 835	30 977	18 787	227 536
Lorient à Châteaulin (94 169 mèt.). . . .	9 632	19 592	60 581	37 127	51 783	24 005	18 245	220 965
Nuits-sous-Ravières à Chatillon (35 462^{m}.).	6 513	18 802	53 885	28 224	53 833	29 403	17 160	207 820
Bourg à Lons-le-Saulnier (65 261 mèt.). .	8 716	24 358	54 704	27 805	51 814	22 782	17 116	207 295
Poitiers à la Rochelle et à Rochefort (158 276 mèt.). . . .	6 352	15 213	47 261	18 736	56 756	39 684	16 560	200 562
Moyennes du deuxième groupe.	8 301	20 110	56 846	29 931	55 431	29 984	18 054	218 657

Digitized by Google

On peut en conclure que, si l'on tient compte des frais de tout genre, l'exécution d'un chemin de fer, dans des conditions à peu près semblables, reviendra à 220 000 francs environ par kilomètre.

Les terrains, la voie et le matériel, les stations et maisons de gardes, c'est-à-dire toutes les dépenses sur lesquelles influent peu les difficultés du tracé, entrent dans ce total pour un chiffre de 105 000 francs.

Les frais d'études et de personnel, les terrassements et ouvrages d'art y entrent pour 95 000 francs.

Pour ces deux natures de dépenses, l'écart le plus considérable existe entre les terrassements et ouvrages d'art de la ligne de Montluçon à Limoges, qui montent à 113 733 francs, et ceux de la ligne de Poitiers à la Rochelle et à Rochefort, qui ne s'élèvent qu'à 65 997 francs.

Pour la voie, le matériel et les stations, l'écart s'élève à peine à 21 844 francs entre la ligne de Poitiers à la Rochelle et à Rochefort, qui offre le chiffre maximum, et celle de Bourg à Lons-le-Saulnier qui offre le minimum.

Il y a lieu de remarquer que pour ces sept lignes différentes, la largeur moyenne des emprises de terrains est de 33^{m}.16 pour deux voies (il aurait fallu de 29 mètres à 30 mètres pour une seule); que le cube moyen des terrassements, par mètre linéaire, est d'environ 25^{m}.22, *pour une seule voie*, et le cube moyen du ballast de 2^{m}.49.

Cela montre combien est erronée l'hypothèse, souvent faite dans les avant-projets, qu'une zone de 15 à 16 mètres de large peut suffire pour les chemins de fer à une voie et qu'on peut réduire le cube du ballast à 1^{m}.50. On peut en conclure encore que des erreurs aussi grandes étant commises pour la partie des dépenses qui est la plus facile à apprécier d'avance, on doit se défier *à fortiori* des évaluations relatives aux terrassements, ouvrages d'art, etc.

Digitized by Google

Troisième groupe. — Lignes d'Épinal à Remiremont; — d'Arc-Senans à Franois; — de Tours au Mans; — d'Auray à Napoléonville; — de Lunéville à Saint-Dié; — d'Avricourt à Dieuze; — de Bourges à Montluçon.

Vosges. 1° *Ligne d'Épinal à Remiremont.* — Cet embranchement, de 24 145 mètres de longueur, se détache, à la cote $365^m.30$, de la ligne de Nancy à Gray, à 3 750 mètres de la gare d'Épinal, et remonte la vallée de la Moselle, en se maintenant sur la rive gauche, tout près de la route impériale n° 57, de Metz à Besançon, qu'il croise plusieurs fois. Le profil en long, assez accidenté, a nécessité des terrassements considérables pour un tracé établi sur un même versant. Le point le plus bas est à la cote $339^m.74$, le point culminant à la cote $406^m.34$; on descend ensuite jusqu'à Remiremont, à la cote $388^m.36$. L'inclinaison maximum adoptée est $0^m.009$. Il n'y a qu'une seule courbe du rayon maximum de 500 mètres.

La longueur cumulée des pentes et rampes est à celle des paliers horizontaux dans le rapport de 70 à 30.

Le rapport existant entre le développement total des courbes et celui des alignements droits est de 52 à 48.

Il n'y a qu'un seul ouvrage d'art important, le viaduc de Dinozé, de 80 mètres de longueur exécuté, pour deux voies, comme tous les autres ouvrages.

Les terrassements n'ont été exécuté que pour une voie; leur cube moyen est de $24^m.58$ par mètre courant.

Il y a soixante-trois ouvrages ordinaires, ce qui fait deux ouvrages et demi par kilomètre, non compris dix-sept passages à niveau.

Le cube moyen du ballast employé est de $2^m.30$ par mètre linéaire; la largeur moyenne de la zone de terrains acquis pour deux voies est de $46^m.50$, mais cette largeur comprend de nombreux excédants.

Les trois stations de cet embranchement sont espacés moyennement de 9 316 mètres.

Le prix de revient kilométrique donné par M. Ledru, pour l'ensemble des travaux, est de 187 250 francs.

Doubs. 2e Ligne d'Arc-Senans à Franois. — Cette ligne, de 26 864 mètres de longueur, forme la dernière section de la ligne de Bourg à Besançon, séparée de la section précédente, de Lons-le-Saulnier à Mouchard, par une distance de 7 kilomètres appartenant au chemin de fer de Dôle à Salins.

La cote, au point de départ, située près de la rive droite de la Loue, est de 235m.50. Le tracé s'élève, par des rampes successives, régnant presque sans interruption sur un parcours de plus de 9 kilomètres, jusqu'au col de la Teige, point culminant, à la cote de 306m.47. De là il se dirige sur le versant gauche de la vallée du Doubs, franchit cette rivière à Portail de Roche, à la cote de 230m.55, entre les kilomètres 15 et 16, la traverse encore deux fois, à Torpes et à Montferrand, et vient se raccorder avec la ligne de Dijon à Besançon, près de la gare de Franois, à la cote de 272m.63.

L'ensemble des pentes et rampes présente une longueur de 23.825 mètres, qui est à celle des paliers dans le rapport de 88.68 à 11.32.

Le développement total des courbes est de 11 197 mètres, c'est-à-dire de 41.68 p. 100 du parcours entier. Le rayon minimum est de 425 mètres.

Le sol, en général assez ondulé, a nécessité quelques tranchées profondes, malgré l'emploi de pentes et rampes de 0m.015 par mètre. Il y a, en outre, les trois ponts sur le Doubs et un pont sur le canal du Rhône au Rhin.

Il existe 33 ouvrages ordinaires pour routes, chemins ou cours d'eau, ce qui fait 1 ouvrage 1/5e par kilomètre, non compris 20 passages à niveau avec maisons de gardes. Tous les ouvrages d'art sont construits pour deux voies ; mais les terrassements n'ont été exécutés que pour une seule voie. Leur cube, par mètre courant, est de 14m.74.

Le cube du ballast employé est de 2m.43 par mètre li-

Digitized by Google

néaire. La largeur de la zone des terrains, acquis pour deux voies, est de 25m.84, y compris la superficie occupée par quatre stations, dont l'espacement moyen est de 5 372m.70.

Le prix de revient kilométrique, pour l'ensemble des travaux exécutés, est de 180.770 francs.

Indre-et-Loire. Sarthe. 3° Ligne de Tours au Mans. — Cette ligne, qui a 93 852 mètres de longueur, se détache du chemin de fer de Paris à Nantes, à la cote de 48m.50, à 4 002 mètres de la gare de Tours, contourne l'ancien château de Plessis-les-Tours et traverse la Loire, près du confluent de la rivière de la Choisille, dont elle suit le cours jusqu'à Mettray, à la cote 73m.50. De là, le tracé s'élève sur le plateau de Neuillé-Pont-Pierre, où il franchit, à la cote 123m.50, le faîte qui sépare la vallée de la Loire de celle du Loir; descend dans ce dernier val en suivant le ruisseau de l'Escotais, traverse le Loir, à la cote 53m.50, suit son cours jusqu'au droit d'Aubigné, se contourne dans la gorge qui sépare Aubigné de Sarcé, se dirige vers Ecommoy où est franchi, à la cote 83 mètres, le faîte très-abaissé qui sépare les vallées du Loir et de la Sarthe, et arrive à la gare du Mans, à la cote 51m.50.

Les plus fortes pentes et rampes sont de 0m.005. Les plus petits rayons des courbes sont de 800 mètres, et cette limite a été rarement atteinte.

La longueur cumulée des pentes et rampes est à celle des paliers horizontaux dans le rapport de 78 à 22.

Le développement total des courbes est à celui des alignements droits dans le rapport de 40.6 à 59.4.

Les principaux ouvrages, construits pour deux voies, sont le pont de 438 mètres de longueur sur la Loire, le pont sur le Loir et le pont sur l'Huisne, avant la gare du Mans.

Les ouvrages ordinaires sont au nombre de cent quarante-neuf, soit un ouvrage trois cinquièmes par kilomètre, sans compter cinquante-sept passages à niveau avec maisons de gardes.

Les terrassements, exécutés pour deux voies, présentent un cube moyen de $37^m.34$ par mètre linéaire. Le cube moyen du ballast, pour une voie, est de $2^m.26$; la largeur moyenne des terrains, acquis pour deux voies, est de $33^m.14$.

Les douze stations intermédiaires de cette ligne sont espacées moyennement de 7 527 mètres.

Le prix de revient kilométrique donné par M. Morandière, pour l'ensemble des travaux, est de 185 202 francs.

Morbihan. 4° Ligne d'Auray à Napoléonville. — Cet embranchement, de 51 089 mètres de longueur, se détache de la ligne principale de Nantes à Châteaulin, à 4 000 mètres au delà de la gare d'Auray, à la cote 34 mètres, se dirige d'abord vers Pluvigner, passe ensuite au col de Lambel, à la oote $97^m.50$, puis descend sur le versant de l'Evel et franchit ce cours d'eau, ainsi que la rivière du Blavet à la cote $29^m.50$, après avoir traversé en tunnel le cap étroit qui les sépare; à partir de là le tracé reste constamment dans la vallée du Blavet, tantôt sur une rive, tantôt sur l'autre, et arrive à Napoléonville, à la cote 59 mètres.

La plus forte rampe est de $0^m.012$; la plus forte pente, de $0^m.014$. Dans la vallée du Blavet, où les pentes sont très-faibles, le rayon des oourbes descend jusqu'à 350 mètres; il y en a même une de 300 mètres.

La longueur cumulée des pentes et rampes est à celle des paliers horizontaux dans le rapport de 61.3 à 38.7.

Le développement total des courbes est à celui des alignements droits dans le rapport de 46 à 54.

Indépendamment de deux petits souterrains, à Botchosse et à Saint-Nicolas, et de six ponts sur le Blavet, il y a cent vingt-sept ouvrages ordinaires construits à deux voies (sauf les tabliers métalliques), pour routes, chemins ou cours d'eau, ce qui fait deux ouvrages et demi par kilomètre, sans compter vingt-trois passages à niveau avec maisons de gardes.

Digitized by Google

Les terrains ont été acquis pour deux voies; la largeur moyenne est de 28 mètres. Les terrassements n'ont été exécutés que pour une voie; le cube, par mètre courant, est de 17^{m}.79. Le cube du ballast est de 2^{m}.31.

L'espacement moyen des quatre stations qui existent sur cette ligne, y compris Napoléonville, est de 13740 mètres.

Le prix de revient kilométrique donné par M. Desnoyers, pour l'ensemble des travaux, est de 167 586 francs.

Meurthe, Vosges. 5° *Ligne de Lunéville à Saint-Dié.* — Cet embranchement, de 49 876 mètres de longueur, se détache de la ligne principale de Paris à Strasbourg, immédiatement après la station de Lunéville, à la cote 231^{m}.60, remonte la vallée de la Meurthe, sur la rive droite, à peu près parallèlement à la route impériale n° 59 de Nancy à Schélestadt, jusqu'à Baccarat, traverse là cette route, puis à 5 kilomètres plus loin, à la cote 281^{m}.26, passe sur la rive gauche de la rivière, qu'il franchit encore deux fois avant d'arriver à Saint-Dié, à la cote 341^{m}.50.

Quoique établi dans une même vallée, le tracé a nécessité des mouvements de terres assez considérables, surtout entre Neuveville et Saint-Dié; néanmoins la plus forte déclivité est de 0^{m}.007, et le rayon minimum des courbes est de 500 mètres.

La longueur cumulée des pentes et rampes est à celle des paliers horizontaux dans le rapport de 69 à 31; le développement total des courbes est à celui des alignements droits dans le rapport de 25 à 75.

Indépendamment de trois ponts sur la Meurthe, dont le débouché varie de 50 à 60 mètres, il y a cent trente-trois ouvrages ordinaires construits pour deux voies (sauf sur 5 kilomètres), ce qui correspond à deux ouvrages et demi par kilomètre, non compris cinquante-quatre passages à niveau.

Les terrains ont été acquis pour deux voies, avec une largeur moyenne de 34 mètres.

Digitized by Google

Les terrassements ont été exécutés pour une voie. Le cube est de 15^{m}.23 par mètre linéaire; celui du ballast est de 2 mètres.

Les six stations de cette ligne sont espacées moyennement de 8 321 mètres.

Le prix de revient kilométrique donné par M. Ledru, pour l'ensemble des travaux, est de 152 872 francs.

Meurthe. 6° Ligne d'Avricourt à Dieuze. — Cet embranchement, de 22 229 mètres de longueur, se détache du chemin de fer de Paris à Strasbourg, immédiatement après la gare d'Avricourt, à la cote 282^{m}.50, décrit une courbe vers le nord, traverse normalement le canal de la Marne au Rhin, passe etre les nombreux étangs que cette contrée présente, et arrive à Dieuze à la cote 211 mètres.

La déclivité maximum est de 0^{m}.01, et les courbes n'ont pas moins de 800 mètres de rayon. La longueur cumulée des pentes et rampes est à celle des paliers horizontaux dans le rapport de 73.76 à 26.24. Le développement total des courbes est à celui des alignements droits dans le rapport de 48 à 52.

Les seuls ouvrages d'art un peu importants sont le pont sur la Seille, près de Dieuzé, et le pont sur le canal de la Marne au Rhin.

Il y a, en outre, trente-quatre ouvrages ordinaires pour routes, chemins et cours d'eau, construits à une voie, ce qui fait un ouvrage et demi par kilomètre, sans compter dix-neuf passages à niveau.

Les terrains ont été acquis pour deux voies, avec une largeur moyenne de 35^{m}.40.

Les terrassements, exécutés pour une voie, présentent un cube moyen de 27^{m}.16 par mètre linéaire. Le cube moyen du ballast est de 2^{m}.30. Les stations, au nombre de quatre, sont espacées moyennement de 5 725 mètres.

Le prix de revient kilométrique donné par M. Ledru, pour l'enseesdmble travaux, est de 140 993 francs.

Cher, Allier. 7° Ligne de Bourges à Montluçon. —Cette ligne, qui a 100 516 mètres de longueur, se détache de la ligne de Vierzon à Bourges, au Pont-Vert, situé à 6 000 mètres environ avant cette dernière ville, à la cote 128m.60, et franchit le faîte peu prononcé qui sépare la vallée de l'Yèvre de celle du Cher, à la cote 153m.10. A partir de Saint-Florent, le tracé remonte la vallée du Cher, en se maintenant sur la rive droite jusqu'à Lunery, à la cote 140m.09, puis sur la rive gauche jusqu'à Montluçon, cote 211m.86. Malgré les conditions favorables du tracé, les travaux n'en ont pas moins présenté des difficultés relatives.

Il n'y a que deux courbes du rayon minimum de 400 mètres ; les plus fortes déclivités sont de 0m.005. La longueur cumulée des pentes et rampes est à celle des paliers horizontaux dans le rapport de 69 à 31.

Le développement total des courbes est à celui des alignements droits dans le rapport de 51 à 49.

Le principal ouvrage d'art est un pont sur le Cher, à Lunery. Il y a, en outre, deux cent vingt-sept ouvrages ordinaires, construits également à deux voies, pour routes, chemins et cours d'eau, ce qui correspond à deux ouvrages un quart par kilomètre, sans compter cinquante-cinq passages à niveau avec maisons de gardes.

La largeur de la zone acquise pour deux voies est, en moyenne, de 32m.29. Le cube des terrassements, exécutés pour deux voies, est de 22m.89 par mètre linéaire, et celui du ballast, de 2m.07.

Les stations, au nombre de douze, sont espacées moyennement de 8 282 mètres.

Le prix de revient kilométrique donné par M. Nordling, pour l'ensemble des travaux, est de 142 885 francs.

Le tableau ci-après résume les dépenses kilométriques, afférentes à ce troisième groupe, qui comprend aussi sept lignes construites dans les huit départements suivants : les

Vosges, le Doubs, l'Indre-et-Loire, la Sarthe, le Morbihan, la Meurthe, le Cher et l'Allier.

Troisième groupe.

DÉSIGNATION des lignes.	Frais d'études et de personnel.	Terrains.	Terrassements.	Ouvrages d'art.	Voie et matériel fixe.	Stations et maisons de garde.	Frais généraux et intérêts pendant la construction.	Totaux.
	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.
Epinal à Remiremont (24 145 mèt.).	20 656	30 728	58 508	18 208	37 556	12 797	14 276	192 729
Arc-Senans à Franois (26 864 mèt.).	6 943	22 403	45 490	35 750	39 931	20 183	13 656	184 356
Tours au Mans (93 852 mèt.).	4 638	19 483	41 064	29 958	52 333	17 805	13 223	178 504
Auray à Napoléonville (51 089 mèt.).	7 066	12 155	37 661	29 740	54 617	19 006	12 819	173 064
Luneville à Saint-Die (49 876 mèt.).	14 700	29 024	32 567	18 140	39 430	11 324	11 615	156 800
Avricourt à Dieuze (22 229 mèt.).	12 128	12 966	40 423	9 029	50 683	14 811	11 203	151 243
Bourges à Montluçon (100 516 mèt.). . . .	7 773	18 776	26 663	19 722	42 646	16 322	10 552	142 454
Moyennes du troisième groupe.	10 558	20 791	40 339	22 935	45 314	16 035	12 478	168 450

On peut en conclure qu'en tenant compte des frais de tout genre que nous avons indiqués précédemment, l'exécution d'un chemin de fer, dans des conditions analogues, reviendra à 170 000 francs environ par kilomètre.

Les terrains, la voie et le matériel, les stations et maisons de gardes, c'est-à-dire toutes les dépenses à peu près indépendantes des difficultés du tracé, entrent dans ce total pour un chiffre de 82 000 francs. Les frais d'études et de personnel, les terrassements et ouvrages d'art y entrent pour environ 74 000 francs. Pour ces deux espèces de dépenses, le maximum de l'écart se trouve entre les terrassements et ouvrages d'art de la ligne d'Arc-Senans à Franois, qui montent à 81 240 francs, et ceux de la ligne de Bourges à Montluçon, qui ne montent qu'à 46 385 francs.

Quant à la voie, au matériel et aux stations, la différence

la plus grande (23 270 francs) existe entre la ligne d'Auray à Napoléonville, où le chiffre de ces dépenses s'élève à 73 623 francs, et celle d'Épinal à Remiremont, où ce même chiffre n'est que de 50 353 francs.

Nous ferons encore observer que, pour ces lignes, la largeur moyenne des emprises de terrain est de $29^{m}.82$ pour deux voies. (Il aurait fallu de 26 à 27 mètres pour une seule.) Le cube moyen des terrassements par mètre linéaire est d'environ $21^{m}.09$, et celui du ballast de $2^{m}.24$.

Quatrième groupe. — Ligne de Strasbourg à Barr avec embranchement sur Wasselonne et Mutzig.

Bas-Rhin. — Nous ne faisons figurer dans ce quatrième groupe, en quelque sorte comme une pierre d'attente, que la ligne de Strasbourg à Barr, à Wasselonne et Mutzig, la plus importante de celles exécutées par M. l'inspecteur général Coumes, en sa qualité d'ingénieur en chef des ponts et chaussées, directeur des chemins vicinaux du Bas-Rhin.

Les frais de construction de cette ligne diffèrent peu de ceux des lignes de Haguenau à Niéderbronn, de Schélestadt à Sainte-Marie-aux-Mines, et peuvent servir de type de comparaison pour les chemins de fer économiques projetés.

La ligne de Strasbourg à Wasselonne et à Mutzig, de 49 kilomètres de longueur, est établie sur les 19 premiers kilomètres, entre Strasbourg et Mutzig, dans une vaste plaine découverte, sur un sol graveleux extrêmement favorable. (Voir la notice de MM. Marx, Varroy et Jundt, ingénieurs des ponts et chaussées, insérée dans les *Annales* de 1864.) Après le passage de la Bruche, sur un pont de 30 mètres d'ouverture, l'embranchement de Molsheim à Wasselonne (13 kilomètres) remonte une vallée d'un parcours assez facile. La dernière section, de Molsheim à Barr (17 kilomètres) suit le pied des derniers contre-forts des

Digitized by Google

Vosges, et a donné lieu à des mouvements de terres un peu plus importants.

Afin de rendre les frais de construction comparables à ceux des lignes que nous avons considérées ci-dessus, nous avons dû ajouter une somme de 2 900 francs par kilomètre pour les études, la préparation des projets et la surveillance des travaux (ce qui porte à 6 000 francs la dépense totale de cet article) et une autre somme de 5 856 francs à celle de 2 000 francs, indiquée pour les intérêts des capitaux avancés par la compagnie de l'Est pendant la construction, afin de rentrer dans la proportion de 7 p. 100 que nous avons précédemment expliquée. Ces deux additions n'ont rien d'exagéré.

Ligne de Strasbourg à Barr (49000 mètres).

Frais d'études et de personnel.	Terrains.	Terrassements.	Ouvrages d'art	Voie et matériel fixe.	Stations et maisons de gardes.	Frais généraux et intérêts pendant la construction.	Totaux.
francs.	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.
6 000	19 900	23 000	4 100	28 300	16 900	7 856	106 056

Le simple examen des dépenses kilométriques des lignes du troisième groupe montre de suite en quoi consistent les différences principales avec l'unique ligne du quatrième groupe.

Tandis que les terrassements et les ouvrages d'art réunis s'élèvent en moyenne à 63 000 francs et ne descendent pas au-dessous de 46 000 francs sur la ligne la moins coûteuse, celle de Bourges à Montluçon, ils s'abaissent à 27 100 fr. sur la ligne de Strasbourg à Barr, et même à 22 100 francs si l'on en distrait la dépense afférente au ballast, qui ne peut être évaluée à moins de 5 000 francs.

La voie et le matériel fixe, qui reviennent à 45 000 francs

Digitized by

pour l'ensemble du troisième groupe, et dont le minimum a été de 37 500 francs sur la ligne d'Épinal à Remiremont, n'ont coûté que 28 300 francs sur celle de Strasbourg à Barr, ou 33 300 francs avec le ballast ; mais c'est surtout le chiffre des ouvrages d'art qui est faible par rapport à celui de toutes les lignes que nous avons citées, et il n'y a réellement de comparable que la dépense des stations et maisons de gardes. (Voir le tableau graphique, planche 169.)

De cet ensemble de faits on doit conclure :

	francs.
1° Que les chemins de fer à 100 000 francs le kilomètre ne sont réalisables que dans les régions les plus faciles, où le tracé peut être établi à fleur du sol et où, par suite, les terrassements et les ouvrages d'art réunis ne dépassent pas. .	25 000
C'est-à-dire le quart de la dépense totale.	
2° Que pour ces lignes à bon marché la voie, le matériel fixe, les stations et les maisons de gardes reviendront en moyenne à.	45 000
3° Que les frais d'études et de personnel, les terrains et les intérêts pendant la construction monteront environ à.	30 000
Total.	100 000

	francs.
Le matériel roulant, pour le trafic le plus faible et le nombre de trains le plus restreint, ne pouvant guère être évalué à moins de 15 000 francs par kilomètre, les recettes kilométriques brutes du chemin serviront d'abord à couvrir une première somme de.	6 325
Représentant l'intérêt à 5.50 p. 100 du capital de construction, puis une seconde somme de.	5 675
Total.	12 000

correspondant aux frais d'exploitation réduits à leur minimum, sans même tenir compte des annuités relatives à la réfection de la voie et du matériel roulant.

Il faudra donc que ces recettes s'élèvent au moins à douze mille francs.

Dès que les lignes en question pénétreront dans des pays plus accidentés, le capital de construction s'accroîtra d'une

Digitized by Google

façon très-sensible, ainsi que cela résulte péremptoirement des exemples que nous avons cités. A chaque augmentation de 40 000 francs correspondra une nouvelle somme de 2 200 francs pour l'intérêt annuel, et comme les pentes et rampes deviendront plus fortes, comme on aura besoin de multiplier les courbes de petit rayon, il en résultera un accroissement des frais d'exploitation, dont le minimum, dans ces cas-là, ne saurait être fixé à moins de 6 à 7 000 fr. par kilomètre, même en laissant de côté la dépense plus considérable afférente aux locomotives et aux wagons. *En sorte que tout chemin de fer exécuté avec le plus d'économie possible dans une contrée montagneuse, et revenant au prix de* 160 000 *francs, avec son matériel roulant, nécessitera, pour couvrir ses frais, une recette brute kilométrique de* 15 000 *francs. Pour tout chemin de fer coûtant* 200 000 *fr. par kilomètre, la recette devra être au moins de* 18 000 *francs.*

Il n'est pas permis d'espérer, d'après cela, que les lignes projetées dans le *quatrième réseau*, dont la plupart ne présentent qu'un caractère d'intérêt local et n'auront qu'un rendement très-faible, puissent être exécutées à assez bas prix pour offrir une rémunération directe aux capitaux engagés. A part quelques départements ou quelques portions de départements, où les accidents du sol sont presque nuls et où l'on réalisera *leur construction* à bon marché, elle entraînera, dans tous les autres, des dépenses hors de proportion avec les résultats qu'on doit en attendre. Ce seront donc de mauvaises affaires pour les départements et les communes qui en prendront la responsabilité ; et, si l'état est obligé de les soutenir de son crédit et de ses subventions, il sera toujours regrettable que les ressources budgétaires n'aient pas été employées de préférence à des travaux plus productifs et en même temps plus utiles au développement de l'agriculture et d'une foule d'industries.

Paris, le 1er mai 1868.

Digitized by Google

CHRONIQUE.

Juillet 1868.

SOMMAIRE. — Les travaux publics en Suède. — Planimètre d'Amsler. — Accident de l'écluse de Vauban.

Les travaux publics en Suède. — Pour apprécier comme ils le méritent les travaux publics de la Suède, il faut se rappeler que la surface de ce royaume dépasse les quatre cinquièmes de celle de la France, elle est de 44 millions d'hectares, et que le nombre de ses habitants était de moins de 4 millions, il y a quelques années seulement (*). La sagesse et la persévérance de l'administration du pays ont triomphé de ces conditions difficiles : les routes, les canaux et les chemins de fer de la Suède forment maintenant un réseau de voies de communication fort intéressant et où le trafic se développe avec une incroyable rapidité, comme le démontrent les chiffres suivants.

La longueur des grandes routes de Suède est de 53 867 kilomètres, sur 29 379 kilomètres desquelles sont établis des relais de poste pour le transport des voyageurs.

La longueur totale des voies navigables est de 588 kilomètres. Les dimensions des cinq canaux les plus importants et les chiffres de leur trafic sont réunis dans le tableau ci-après :

(*) La population de la Suède était de 1 763 338 habitants en 1750; de 2 347 303 en 1800, de 3 138 887 en 1840; de 3 859 728 en 1860 et enfin de 4 114 140 en 1865, ce qui donne dans la dernière période un accroissement de 1,32 p. 100. La Suède est un des pays de l'Europe où l'accroissement de la population est le plus rapide et où les progrès moraux et matériels ont été les plus nettement accusés depuis cinquante ans.

Digitized by Google

NOMS des canaux.	LONGUEUR.	LARGEUR à la surface.	LARGEUR au fond.	TIRANT d'eau.	ALTITUDE du point de partage.	NOMBRE d'écluses.	NOMBRE de bâtiments en 1855.	NOMBRE de bâtiments en 1865.
	kil.	m.	m.	m.				
Gota	186.00	26.12	10.83	2.97	91.5	58	2 929	3 187
Trolhatte. . . .	6 52	26.12	10.83	2.97	43.10	16	6 153	7 543
Sodertelje. . . .	0.96	»	5.94	3.56	»	1	3 068	3 601
Stromsholms . .	99.42	»	3.54	1.48	99.88	32	1 829	2 208
Hjelmare.	0.85	»	»	2.08	23.39	»	813	»
Vaddo	»	»	»	»	»	»	1 025	946
	293.75						15 817	17 485

Le canal de Gota réunit la mer Baltique à la mer du Nord et relie une multitude de lacs et de cours d'eau. Ce canal, commencé au XVIe siècle, est une des constructions hydrauliques les plus importantes de l'Europe; son tirant d'eau est double de celui de la plupart de nos voies navigables.

Malgré la concurrence des chemins de fer, on voit que le trafic des canaux ne cesse pas de s'accroître. La navigation à vapeur se développe rapidement sur ces lignes. En 1865, le nombre des bateaux à vapeur s'élevait à 21.8 p. 100 du nombre total des bateaux en service.

Depuis 1840, la Représentation nationale a décidé que des subventions pourraient être accordées aux travaux d'intérêt public et aux défrichements entrepris par des compagnies ou par des particuliers, mais seulement jusqu'à concurrence de la moitié ou des deux tiers de la dépense présumée et sous la condition que l'entreprise, grande ou petite, sera complétement achevée sans aucun autre concours de l'état.

Une administration des ponts et chaussées a été créée en 1841 pour surveiller les travaux subventionnés et pour fournir aux entreprises particulières qui répondent de leur achèvement, des hommes habiles comme chefs et comme conducteurs. Depuis 1851, les ingénieurs sont militairement organisés et peuvent, en cas de besoin, être employés dans l'armée active.

Indépendamment des chemins de fer de l'état qui forment une administration spéciale, le corps des ingénieurs des ponts et chaussées dont on vient de parler, depuis son origine jusqu'en 1866, a dirigé ou surveillé 893 entreprises différentes de chemins de fer de compagnies, de canaux, de ponts, de routes, etc. Les subventions accordées à ces travaux et représentant la moitié de la dépense

totale ont atteint, dans cette période, le chiffre de 67361428 fr.

L'état intervient dans les travaux d'amélioration agricole, non-seulement par la direction de l'Académie d'agriculture, par la création de cercles agronomiques, par la fondation de nombreux laboratoires d'analyse et par l'organisation d'un vaste système d'études de géologie agricole, mais encore par un corps spécial d'ingénieurs ruraux spécialement chargés de proposer et d'exécuter les entreprises d'améliorations foncières. De 1856 à 1866, ces ingénieurs ont amélioré, par des drainages, des irrigations, des défrichements, 185 538 hectares de terrains. L'état a alloué à ces entreprises une somme de 4329955, dont 3050296 francs versés à titre de don et le reste, 1279659 francs, versés à titre de prêt.

Le premier chemin de fer exploité en Suède, celui de Gothembourg-Jonsered à Malmœ-Lund de 21k.38, a été inauguré le 1er décembre 1856. A la fin de 1866, la longueur des chemins de l'état était de 1042k.27.

De Stockholm, leur point de départ, les chemins de fer s'étendent de la frontière de l'ouest à celle du sud du pays où sont situées les deux principales villes commerciales Gothembourg et Malmœ, et vers le nord jusqu'à Upsale, la plus ancienne et la plus célèbre université de la Suède. La ligne de l'ouest a des embranchements au nord à Orebro, au nord-ouest à Christinehamm (pour rejoindre les chemins norwégiens), et au sud à Norrkœping, point de départ de la ligne qui doit rejoindre les provinces du sud-est et qui doit se réunir avec les provinces méridionales de Malmœ. Plusieurs lignes de chemins de fer appartenant à des compagnies sont en communication avec le chemin de fer de l'état.

La longueur totale du réseau exploité sans interruption est maintenant de 1646k.26. Il faut y ajouter les chemins de fer isolés d'une longueur approximative de 299k.32 qui ne sont pas en communication directe avec les lignes de l'état.

Depuis l'origine des travaux des chemins de fer en Suède, en dix-neuf années, la Représentation nationale a alloué à ces travaux, y compris les subventions aux compagnies, une somme de 146622252 francs, dont 115885224 francs provenant d'un emprunt fait en 1858. Cet emprunt constitue la première et la seule dette de la Suède. L'accroissement rapide des revenus et de la fortune publique permettent d'affirmer qu'il sera facilement et promptement remboursé.

Les chemins de fer de l'état ont coûté 123648928 francs. Les travaux ont été entièrement dirigés par des ingénieurs suédois. Le prix moyen d'établissement est de 103243 francs par kilomètre.

Digitized by Google

Le revenu net des chemins de fer de l'état était seulement de 2.9 pour 100, en 1864; mais il doit atteindre aujourd'hui plus de 5 pour 100, si l'on en juge par la rapidité avec laquelle s'élèvent les courbes de recettes que j'ai sous les yeux, mais qui, malheureusement, s'arrêtent au mois d'avril 1867. Le parcours moyen d'un voyageur sur les lignes de l'état, en 1865 était de 57^{k}.94, et le parcours moyen d'une tonne de 110 kilomètres environ.

Le commerce d'importation et d'exportation de la Suède se développe également de la manière la plus heureuse depuis quelques années, mais on ne saurait donner ici de renseignements à cet égard sans sortir du cadre de cette note.

Planimètre d'Amsler. — M. Petsch, ingénieur des ponts et chaussées, nous communique la note suivante que nous insérons avec empressement. Il est à notre connaissance que le planimètre d'Amsler, à peine connu en France, rend beaucoup de services aux ingénieurs suisses, allemands et anglais. Il y a un grand intérêt à vulgariser l'emploi de procédés qui rendent les calculs moins pénibles, tels que l'instrument dont on va parler et l'excellente machine à calculer de M. Thomas de Colmar, qui permet de faire si rapidement, et avec une sûreté absolue, les multiplications et les divisions les plus compliquées.

« Nous croyons, dit M. Petsch, devoir signaler aux lecteurs des *Annales* un petit instrument qui sert à mesurer les surfaces, et qui, par la simplicité et par la rapidité de ses opérations, peut rendre dans bien des cas de grands services : nous voulons parler du planimètre, inventé en 1854 par M. Amsler, de Schaffouse.

« Cet instrument consiste essentiellement (*fig.* 1) en deux barres AB, BC réunies à un bout B par une charnière et portant chacune une pointe à l'autre extrémité A et C.

« L'une des tiges est munie, en l'un de ses points D, d'une rou-

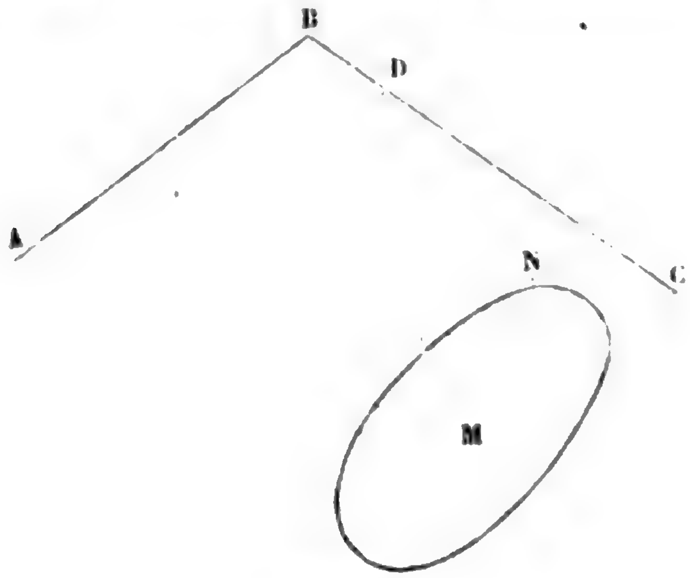


fig. 1.

lette divisée et munie d'un vernier, laquelle se meut dans un plan perpendiculaire à l'axe de la barre.

« Cette roulette est en communication au moyen d'une vis sans fin avec un second cercle gradué qui avance d'une division pour chaque tour de la roulette, et qui accuse ainsi le nombre de tours décrits par cette dernière.

« Pour mesurer une surface M, on fixe la pointe A, chargée d'un petit poids, en dehors de la figure sur laquelle on doit opérer. Puis après avoir posé la pointe C sur un point quelconque N du périmètre de la surface, on note sur les deux limbes de l'instrument les divisions qui se trouvent en regard des index.

« Cette lecture faite, on promène la pointe C sur le contour de la figure à mesurer jusqu'à ce qu'elle revienne au point de départ. Après un parcours entier du périmètre, on fait une seconde lecture des roues divisées et par une soustraction des deux chiffres ainsi relevés, on obtient la valeur de la surface M exprimée en centimètres quarrés.

« Quelque compliquée que soit la figure, l'opération reste aussi simple et aussi rapide.

« Si le dessin est une réduction de surface à l'échelle du $\frac{1}{100}$, le nombre obtenu transformé en mètres quarrés, représentera la mesure cherchée. Si l'échelle est du $\frac{1}{50}$, du $\frac{1}{200}$, du $\frac{1}{500}$, etc., le nombre en question devra être multiplié par $\frac{1}{4}$, par 4, par 25, etc., c'est-à-dire par des coefficients faciles à déterminer.

« Voici en quelques mots la théorie de cet instrument.

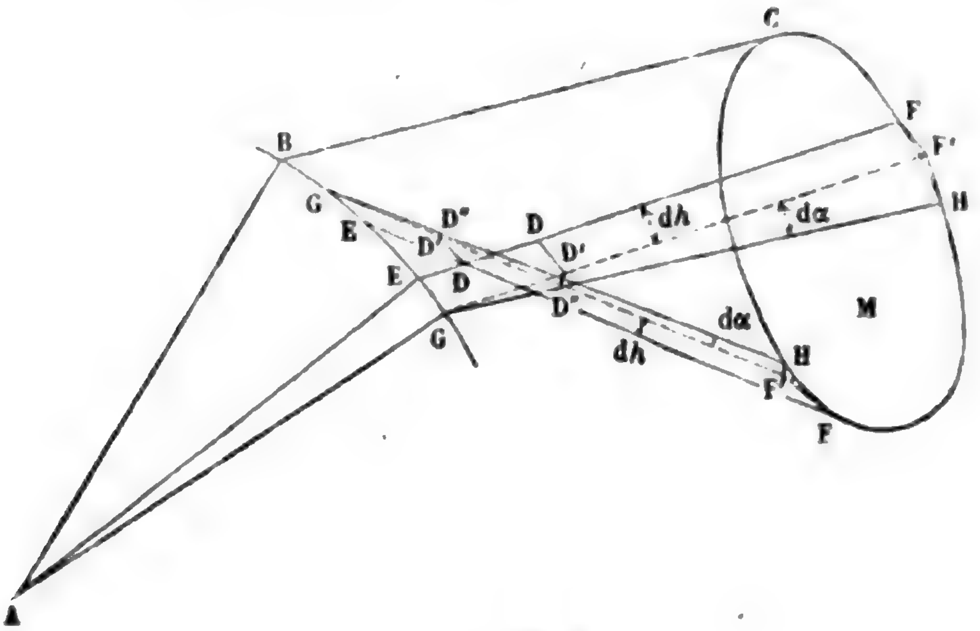


Fig. 2.

« Pendant que la pointe C (*fig.* 2) se promène sur le périmètre de la surface M, l'extrémité B se meut sur un arc de cercle décrit du point fixe A comme centre, avec la longueur de la tige AB pour rayon. La barre BC prend donc successivement diverses positions, en s'appuyant par un bout sur l'arc de cercle dont nous venons de parler et par l'autre extrémité sur le contour de la figure M... Il est facile de voir que dans ce mouvement la barre BC décrit une série de surfaces élémentaires qu'on peut compter comme positives quand elles sont engendrées dans un certain sens, comme négatives dans le sens contraire, et dont la somme algébrique, après le parcours entier du périmètre M par la pointe C, est finalement égale à la surface M.

« Cela posé, considérons une quelconque EFGH de ces surfaces élémentaires, engendrées entre deux positions infiniment voisines de la barre BC, et voyons si elle ne peut pas s'exprimer en fonction du mouvement de la roulette D.

« La figure EFGH peut être décomposée en un parallélogramme EFGF, et un triangle GF'H, en négligeant les infiniment petits du second ordre.

« Cela revient à supposer que la surface EFGH a été engendrée d'abord par une translation parallèle de la barre BC, puis par une rotation autour du point G.

« Dans le mouvement de translation parallèle, la roulette parcourt un chemin dh égal à l'étendue du déplacement d'un point quelconque de la barre dans le sens perpendiculaire à ladite barre, le déplacement dans le sens longitudinal ne produisant aucun mouvement dans la roulette.

« Dans la rotation angulaire, F'GH $= d\alpha$, la roulette décrit un arc D'D'' qu'on peut désigner par $d\alpha$, en appelant λ la distance BD.

« Si donc on appelle dm l'ensemble du parcours élémentaire de la roulette, on a $dm = dh + \lambda d\alpha$.

« Cela posé, mesurons la surface élémentaire EFGH $= ds$.

« Nous aurons $ds = l dh + \frac{1}{2} l^2 d\alpha$, et en remplaçant dh par sa valeur $dh = dm - \lambda d\alpha$, il vient $ds = l\,(dm - \lambda d\alpha) + \frac{1}{2} l^2 d\alpha = l dm + \frac{1}{2} (l^2 - 2\lambda l)\, d\alpha$, et en intégrant depuis la position initiale de la barre jusqu'à sa position finale qui se confond avec la première, il vient

$$S = l \int dm + \frac{1}{2}\,(l^2 - \lambda l) \int d\alpha = \text{surface cherchée};$$

mais il importe de remarquer que la barre, après une série de

mouvements angulaires dans un sens, ne peut revenir à sa direction primitive qu'après avoir décrit, soit une série équivalente de rotations en sens contraire, soit une circonférence entière. Cela revient à dire que l'on a $\int d\alpha = 0$ ou bien $\int d\alpha = 2\pi$.

« Ce dernier cas se présenterait si le pivot A était pris dans l'intérieur de la figure M. Comme nous avons eu soin de placer notre pointe en dehors de la figure, $\int d\alpha = 0$.

« Il reste donc

« $S = l \int dm$, c'est-à-dire qu'on obtient la surface cherchée en multipliant la longueur l de la barre par le parcours de la roulette.

« Le constructeur s'est arrangé de façon à ce que $l 2\pi r = 100$, ou $l = \frac{100}{2\pi r}$, r étant le rayon de la roulette exprimé en centimètres.

« Dans ces conditions, un tour entier de la roulette (correspondant à un parcours ($\int dm = 2\pi r$), mesure une surface S=100 centimètres quarrés. La roulette étant divisée en 100 parties égales, chaque division accuse 1 centimètre quarré, et de plus chaque division pouvant être appréciée, grâce au vernier, à $\frac{1}{10}$ près, il en résulte que chaque figure peut être évaluée à $\frac{1}{10}$ de centimètre carré près.

« Dans le cas où le pivot A serait placé dans l'intérieur de la figure, l'expression $l \int dm + \frac{1}{2}(l^2 - 2l\lambda) \int d\alpha$ devient :

$$l \int dm + \pi (l^2 - 2l\lambda)$$

mais il y a lieu de faire remarquer que dans ce cas, pour avoir la superficie totale de la figure M, il convient d'ajouter à l'expression ci-dessus la surface engendrée par la barre AB. Cette surface est nulle lorsque le pivot est extérieur, mais quand le pivot est intérieur, elle forme un cercle entier et vaut πL^2 en désignant AB par L.

« On a donc dans ce cas particulier

$$S = l \int dm + \pi (L^2 + l^2 - 2l\lambda),$$

c'est-à-dire qu'il faut, pour avoir la mesure cherchée, ajouter au chiffre provenant de la double lecture des limbes divisés une constante facile à déterminer et dont la valeur est généralement gravée sur la barre.

« Le planimètre d'Amsler affecte plusieurs formes, suivant qu'il s'adapte à une ou plusieurs échelles. Mais parmi les modèles que nous avons eus entre les mains, la forme la plus simple, celle qui

Digitized by Google

est appropriée à la seule échelle du $\frac{1}{100}$, nous a paru la plus commode et la plus recommandable. »

Le croquis ci-dessous en donne une idée (*).

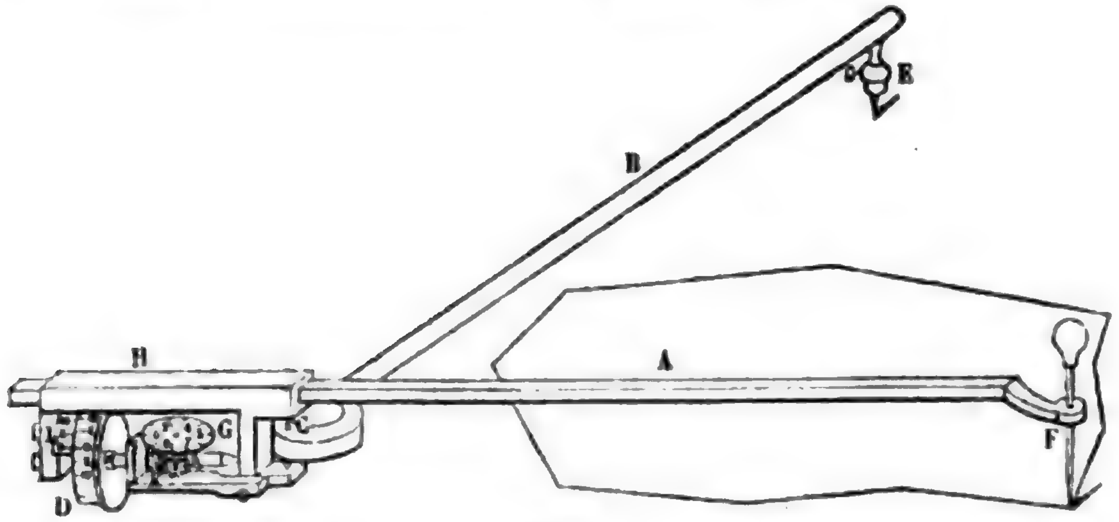


fig. 3.

E est la pointe fixe.

C est la charnière mobile des deux barres; F est la pointe qui se promène sur le contour de la surface à mesurer.

D représente la roue perpendiculaire à la barre AF. Elle est divisée en 100 parties égales, et bordée à gauche par un petit vernier I qui porte 10 divisions. L'axe prolongé de la roue D est muni en K d'une vis sans fin dont chaque tour fait avancer d'un engrenage, et d'une division la petite roue dentée et le limbe divisé G

La longueur de l'instrument est de $0^m,17$, il est renfermé dans une petite boîte très-légère.

Le prix est de 47 francs chez M. Belliéni, opticien à Metz.

Accident de l'écluse Vauban. — La grande écluse Vauban, à Gravelines, s'est écroulée, dans la soirée du 4 juillet, en exposant à une inondation générale toute la vallée de l'Aa que la mer montante pouvait envahir. MM. les ingénieurs, accourus sur les lieux de l'accident, ont organisé des travaux de défense et fait élever un batardeau. Cet ouvrage provisoire sera promptement complété et tout danger d'inondation est dès à présent conjuré.

Pour la chronique:
HERVÉ MANGON.

(*) Dans les derniers modèles du planimètre de Amsler, la barre supérieure H a été supprimée et remplacée par une pièce courbe inférieure, qui laisse entièrement libres les limbes du vernier I et du cadran G, et rend ainsi les lectures beaucoup plus faciles. Malgré cette inexactitude, la figure suffit pour faire concevoir les dispositions essentielles de l'instrument.

Digitized by Google

N° 190

MÉDAILLES EN OR, ACCORDÉES ET VOTÉES,

Aux termes de la circulaire du directeur général des ponts et chaussées, du 28 janvier 1835 (*),

***En faveur des meilleurs mémoires insérés aux* Annales des ponts et chaussées**

Dans les six cahiers de 1865.

Conformément à la circulaire précitée, une médaille de 600 francs et deux médailles de 300 francs ont été accordées pour l'année 1865.

Ces médailles ont été décernées d'après les votes émis par les ingénieurs-souscripteurs. Le dépouillement des votes a été fait en conseil général des ponts et chaussées.

En voici le résultat :

DÉSIGNATION DES MÉMOIRES COURONNÉS.

1° MÉDAILLE D'OR DE 600 FRANCS.

Mémoire n° 104, intitulé : Sur les routes du département de la Loire;

Par M. GRAEFF.

2° MÉDAILLES D'OR DE 300 FRANCS.

Première médaille.

Mémoire n° 111, intitulé : Sur les dépenses de construction, d'administration et d'exploitation du chemin de fer franco-suisse;

Par M. RUELLE.

Deuxième médaille.

Mémoire n° 105, intitulé : Sur la stabilité des voûtes;

Par M. DROUETS.

(*) *Annales des ponts et chaussées*, Mémoires et Documents, 1re série, 1835; 2e semestre, tome IX, n° CCXI, page 1.

N° 191

NOTE

Sur l'arche d'essai des carrières de Souppes.

Par M. DE LAGRENÉ, ingénieur des ponts et chaussées.

Dans le numéro de juillet et août 1866 des *Annales des ponts et chaussées*, M. l'inspecteur général Féline-Romany a exposé le but qu'on s'était proposé en construisant dans les carrières de Souppes une arche d'essai très-surbaissée ; il a en outre donné la description de cette arche et indiqué les premiers résultats constatés depuis le 15 mars 1865, jour du décintrement, jusqu'au 25 octobre 1866, date de la notice.

La présente note rend compte des nouvelles observations faites sous la direction de M. l'ingénieur en chef Vaudrey depuis le 15 mars 1865 jusqu'au 25 août 1866, date de la démolition de la voûte.

Dans l'intérêt du lecteur, il est utile de rappeler d'abord très-sommairement quelques-uns des détails donnés dans la notice de 1866.

La voûte d'essai décrit à l'intrados un arc de cercle de $37^m.886$ d'ouverture et de $2^m.125$ de flèche. La largeur est de $5^m.50$; elle s'appuie d'un côté contre un banc de rocher et de l'autre contre une culée de $8^m.19$ de hauteur et de $15^m.10$ d'épaisseur ; elle est entièrement en pierre de taille. Le mortier des joints a été composé de 600 kilogrammes de ciment de Portland pour $0^m.80$ de sable tamisé. Les joints des naissances ont été fichés les derniers, ils ont été maintenus vides pendant la construction, au moyen de règles en

sapin de 0m.05 de largeur, à partir de l'intrados; on a ainsi évité l'écrasement des arêtes.

Sur une largeur de 1 mètre, qui est supposée correspondre à la corniche et au bahut, la voûte a une épaisseur constante de 1m.10, et sur le reste de sa largeur, qui est supposée correspondre à la chaussée, la voûte a une épaisseur de 0m.80 à la clef, et de 1m.10 aux naissances.

La voûte, après être restée quatre mois sur cintre, a donné au décintrement un abaissement à la clef de 0m.016 sur une tête et de 0m.014 sur l'autre tête.

Après le décintrement, en avril 1865, on a chargé la voûte d'un poids de 4207 kilogrammes par mètre quarré pour la partie supposée sous la corniche et le bahut, et d'un poids de 2.192 kilogrammes par mètre quarré pour la partie supposée sous la chaussée, il en résultait une surcharge de 681 kilogrammes par mètre quarré pour la première partie et de 656 kilogrammes pour la seconde. Ces surcharges ont produit un abaissement de 0m.008 pour la tête extradossée, et de 0m.009 pour l'autre tête, abstraction faite des mouvements causés par les variations de température.

Telle est l'analyse rapide de la notice déjà publiée.

Ces premiers résultats ayant été portés à la connaissance de l'administration supérieure, une décision ministérielle, en date du 12 mars 1866, a prescrit de continuer les expériences et a donné à cet effet les instructions qui suivent :

1° La surcharge de l'arche sera augmentée jusqu'à atteindre 1500 kilogrammes par mètre quarré, en ayant soin, quand le moment du déchargement sera venu, de ne l'effectuer que progressivement en partant de l'une des culées et jusqu'à la moitié de l'arche seulement, l'autre moitié demeurant seule chargée.

2° Il sera fait ensuite des expériences de poids roulants avec chocs vers la clef, en procédant de manière à obtenir les effets les plus énergiques, sans compromettre toutefois

Digitized by Google

la sûreté des ouvriers et en consultant à ce sujet les procès-verbaux des expériences de même nature dejà faites sur l'arche d'essai du pont aux Doubles.

3° On observera les mouvements produits par les variations de température.

4° On recherchera la limite de stabilité, soit en diminuant successivement l'épaisseur de la culée, soit en ruinant la voûte elle-même à la clef.

Nous allons rendre compte des nouvelles expériences faites en exécution de cette décision :

1° *Mouvements produits par les variations de température.* — Pour observer avec précision les moindres mouvements de la voûte, on a placé sur une règle en sapin fixée verticalement en terre, une aiguille en fer divisée par son axe de rotation dans le rapport de 1 à 10 ; l'extrémité du grand bras parcourt un cadran divisé en millimètres, tandis que l'extrémité du petit bras obéit aux mouvements d'une tige horizontale en fer scellée dans la clef de la voûte. Un mouvement vertical d'un millimètre, par exemple, à la clef est ainsi traduit par un écart d'un centimètre à l'extrémité de l'aiguille.

Chaque jour, depuis le 12 septembre 1865 jusqu'au 24 août 1866, on a pris note de la température et de la position de l'aiguille ; on a pu constater ainsi que le relèvement et l'abaissement de la clef suivaient très-régulièrement les variations de la température.

L'aiguille a été fixée de manière à marquer zéro le jour de sa pose (12 septembre 1865) par une température de 24 degrés et alors que l'arche portait déjà sa première surcharge de 656 kilogrammes par mètre superficiel ; depuis cette époque, le plus grand abaissement a eu lieu le 14 mars 1866, l'aiguille marquait $0^m.205$, c'est-à-dire un abaissement réel de $0^m.0205$. Depuis ce jour et malgré la charge nouvelle placée sur la voûte à partir du 17 juin 1866, de manière à former une surcharge totale de 1 656 kilogrammes par mè-

tre superficiel, la voûte n'est jamais revenue au degré d'abaissement constaté le 14 mars; ainsi le relèvement produit par l'élevation de la température de 11 degrés (14 mars) à 23 degrés (20 juin), a été supérieur à l'abaissement produit par une surcharge de 1 000 kilogrammes par mètre superficiel, et la résultante de ces deux mouvements contraires a donné un relèvement de $0^{m}.0082$. Cette seule observation peut déjà faire comprendre la solidité de l'arche d'expérience. Son plus grand relèvement a été observé le 16 juillet 1866 par une température de 27 degrés; l'aiguille marquait $0^{m}.06$, c'est-à-dire un abaissement de $0^{m}.006$ par rapport à la position primitive du 12 septembre. Le second chargement était enlevé à ce moment, et la surcharge n'était plus que de 656 kilogrammes par mètre superficiel comme le 12 septembre, mais on avait commencé la démolition de la culée.

En examinant la série des observations, on remarque qu'aux mêmes températures ne correspondent pas les mêmes indications de l'aiguille, et en effet, le thermomètre placé près de l'aiguille subit instantanément les variations extérieures, tandis qu'il faut un temps assez prolongé pour que le massif de l'arche change de température: ainsi un thermomètre extérieur ne peut donner qu'une idée assez vague de la température moyenne des maçonneries, et il peut exister momentanément un écart assez considérable entre cette température et celle accusée par l'instrument.

Pour que l'on puisse mieux suivre les diverses variations, nous avons réuni sur une même feuille la courbe des températures, celle des altitudes de la clef et celle des chargements de la voûte (Pl. 170, *fig.* 7). L'espace n'a pas permis de reproduire sur la figure toutes les ordonnées de ces courbes.

2° *Mouvements produits par les chocs.* — Pour observer les mouvements produits par les chocs, on a fixé sur chaque tête de l'arche et à la clef une règle portant un crayon

dont la pointe laissait sa trace sur un papier sans fin animé d'un mouvement horizontal et porté sur un cadre indépendant de l'arche, de sorte qu'au repos le crayon traçait une ligne droite horizontale, tandis que le moindre mouvement de chaque côté de tête était accusé par une ondulation de cette ligne.

L'aiguille du cadran multiplicateur, dont nous avons déjà parlé, accusait également les mouvements de la voûte par des oscillations dont l'amplitude lue sur le cadran était dix fois plus étendue que l'écart de la voûte.

Enfin, au moment de l'épreuve par les chocs, la voûte n'avait pas encore reçu sa seconde surcharge, c'est-à-dire qu'elle ne portait que sa première surcharge de 656 kilogrammes par mètre superficiel.

Pour préparer l'épreuve, on a posé sur la partie de l'arche correspondant à la chaussée du pont futur, partie qui, comme nous l'avons dit, a 2m.50 de largeur, un chemin en bois avec traverses inférieures et rebords supérieurs; cette précaution était indispensable pour que, pendant l'expérience, le chariot portant le poids d'épreuve ne puisse s'écarter et tomber.

Les chocs ont été produits par un chariot à quatre roues chargé de gros blocs de pierre, et tiré par un câble au moyen d'un cabestan fixé à une certaine distance, de manière à ne compromettre en rien la sûreté des ouvriers.

Dans une première série d'épreuves, le chariot et son chargement représentaient un poids total de 3 067 kilogrammes, dont 2 532 kilogrammes sur l'essieu de derrière.

Dans une seconde série d'épreuves, le chariot et son chargement représentaient un poids total de 5 510 kilogrammes, dont 4 975 kilogrammes sur l'essieu de derrière.

Le chariot avait à franchir des coins placés sur le chemin de bois, dont nous avons parlé précédemment, et produisant une hauteur de chute égale à l'épaisseur de leur tête; cette épaisseur a d'abord été de

Digitized by Google

0^{m}.10, puis les premiers coins de 0^{m}.10 ont été remplacés par d'autres de 0^{m}.20, et enfin ceux-ci par d'autres de 0^{m}.30; on avait d'ailleurs placé ces coins au droit de la clef et à moitié distance entre la clef et les culées.

Ainsi, l'expérience a consisté d'abord à faire passer le chargement de 2 532 kilogrammes sur la série des coins de 0^{m}.10, puis sur la série des coins de 0^{m}.20, puis sur la série des coins de 0^{m}.30, et ensuite à recommencer les mêmes passages avec le chargement de 4 975 kilogrammes; cette expérience a été faite le 18 mai 1866, en présence de M. l'ingénieur en chef Vaudrey et de l'ingénieur ordinaire soussigné.

Les chocs au droit des coins placés sur les reins de la voûte n'ont produit, même avec 0^{m}.30 de chute et 4975 kilogrammes de poids, que des vibrations trop faibles pour être appréciables sur le papier sans fin; l'aiguille seule permettait de les constater, et leur amplitude maximum n'a pas dépassé six dixièmes de millimètre.

Les effets des chocs à la clef ont pu être observés à la fois sur le papier sans fin et sur le cadran multiplicateur. Les vibrations produites sur la voûte ont été très-sensibles à l'œil. Chaque choc a été suivi d'une série d'oscillations, allant en diminuant d'une manière continue et régulière; leur amplitude à la suite du passage du poids de 4975 kilogrammes tombant de 0^{m}.30 de hauteur, a été de 0^{m}.0028.

La durée des oscillations observées à la clef est comprise entre 4 et 7 secondes, à l'expiration desquelles la voûte a repris exactement sa position primitive accusée par le cadran multiplicateur.

La Pl 170 (*fig.* 8, 9, 10 et 11) donne la reproduction des ondulations tracées sur le papier sans fin pendant diverses épreuves.

A la suite des chocs, les maçonneries ont été examinées avec soin, et l'on n'y a reconnu aucune fissure ni aucune ouverture de joints.

Lors des épreuves faites à Vassy, le 25 mai 1846, sur l'arche type du pont aux Doubles, on s'était servi d'un poids de 2782 kilogrammes, tombant de 0m.37 de hauteur, et l'on avait évalué à 0m.02 l'amplitude maximum des oscillations de la clef, sans la mesurer exactement. L'arche avait 31m.05 d'ouverture, 2m.99 de flèche, 1m.30 d'épaisseur à la clef, 2 mètres d'épaisseur aux naisances et une largeur de 1m.50 seulement.

Nous croyons qu'à la simple observation visuelle, les vibrations paraissent plus étendues qu'elles ne le sont réellement, et que, par conséquent, il est très-important de recourir, comme nous l'avons fait, à un mesurage exact par le cadran multiplicateur et par des crayons marquant leurs positions et sur un papier indépendant animé d'un mouvement horizontal continu et régulier.

3° *Mouvements produits par le passage, sans choc, d'un poids de 5510 kilogrammes.* — Le cadran multiplicateur nous a permis de faire une observation fort intéressante et sur laquelle nous ne comptions pas.

Après avoir terminé les épreuves des chocs, les coins ont été enlevés et le chariot pesant en tout 5510 kilogrammes, dont 4975 sur l'essieu de derrière, a circulé sans choc d'un bout à l'autre de l'arche sur le chemin de bois. Indépendamment du chariot, la voûte portait, comme nous l'avons déjà dit, une surcharge de 656 kilogrammes par mètre superficiel.

Pendant tout le temps du passage du chariot, le cadran multiplicateur a indiqué une déformation continue et momentanée variant suivant la position du chariot, de telle sorte que, par la seule inspection de l'aiguille, on pouvait connaître la position du chariot sur la voûte.

Ainsi, au moment où le chariot quittant la culée commençait à poser sur les reins de la voûte, l'aiguille marquait un abaissement de la clef; cet abaissement allait en augmentant à mesure que le chariot s'approchait de la clef, il attei-

gnait un maximum de trois dixièmes de millimètre au moment du passage à la clef, puis, pendant que le chariot s'éloignait en se dirigeant vers l'autre extrémité de l'arche, la clef se relevait peu à peu et reprenait successivement toutes les positions par lesquelles elle était passée précédemment.

4° *Mouvements produits par une surcharge de* 1 656 *kilogrammes par mètre superficiel.* — En exécution de la décision ministérielle précitée, du 12 mars 1866, nous avons fait placer, sur la largeur de 2^{m}.50 qui correspond à la chaussée du pont futur et sur toute la longueur de l'arche, un nouveau chargement tel que la surcharge totale, sur cette largeur de 2^{m}.50, s'est élevée à 1 656 kilogrammes par mètre superficiel. Ce nouveau chargement a été fait en deux fois, d'abord sur la demi-longueur de l'arche, puis ensuite sur l'autre demi-longueur.

Le chargement de la première moitié a été commencé le 17 juin 1866 et terminé le 19 du même mois; or le 17, l'aiguille marquait 0^{m}.105; le 19, elle marquait 0^{m}.123; la différence de ces deux indications est de 0^{m}.018; la nouvelle surcharge de 1 000 kilogrammes sur la moitié de l'arche a donc produit un abaissement à la clef de 0^{m}.0018. Le chargement de la seconde moitié (côté de la culée) a été commencé le 21 juin et terminé le 22; le 21, l'aiguille marquait 0^{m}.122, et le 22 au soir elle marquait 0^{m}.117; ce chargement de la seconde moitié a donc produit un relèvement de 0^{m}.0005 à la clef, et si l'on compare les altitudes du 17 et du 22, c'est-à-dire avant et après le chargement sur la longueur totale, on voit que la nouvelle surcharge de 1 000 kilogrammes par mètre superficiel n'a produit à la clef qu'un abaissement définitif de 0^{m}.0012.

Ce résultat n'est pas absolument exact, parce que la variation de température a dû produire également son effet pendant la durée du chargement; mais son influence a dû être très-faible du 17 au 22 juin, d'ailleurs il ne nous est

pas possible de distinguer les mouvements dus à l'une ou à l'autre cause. (Voir la courbe des altitudes, Pl. 170, *fig.* 7.)

5° *Mouvements produits par l'enlèvement d'une surcharge de* 1 000 *kilogrammes par mètre superficiel.* — L'enlèvement de la surcharge de 1 000 kilogrammes, placée du 17 au 22 juin, a été fait du 25 au 26 juin, pour une demi-longueur de l'arche, et du 28 au 29 juin, pour l'autre demi-longueur.

Le 25 au matin, l'aiguille marquait $0^m.111$, le 26 au soir elle marquoit $0^m.086$; ce demi-chargement a donc produit à la clef un relèvement de $0^m.0025$. On remarquera qu'il s'est produit un effet contraire à celui observé pendant le chargement de la seconde moitié de l'arche; ce chargement avait fait relever la clef de $0^m.0005$; son enlèvement aurait donc dû produire un abaissement de $0^m.0005$, tandis qu'au contraire un relèvement de $0^m.0025$ a été constaté. Cette différence de $0^m.005$ peut être attribué, soit à l'élévation de la température, soit à quelque autre cause qui nous a échappé.

Le 28 au matin, l'aiguille marquait $0^m.086$, le 29 au soir, elle marquait $0^m.068$; le déchargement de la seconde moitié de l'arche a donc produit un relèvement de $0^m.0018$ à la clef, parfaitement égal à l'abaissement produit par son chargement. (Voir la courbe des altitudes, Pl. 170, *fig.* 7.)

6° *Recherche de l'épaisseur minimum de la culée.* — Après avoir enlevé, comme nous venons de le dire, le second chargement, c'est-à-dire après avoir ramené la surcharge à 656 kilogrammes par mètre superficiel, comme avant le 17 juin, on a commencé à démolir la culée en enlevant des tranches verticales successives, de manière à diminuer peu à peu son épaisseur.

On sait que la culée a une largeur de $5^m.50$ comme l'arche, une épaisseur de $1^m.10$, et une hauteur totale de $8^m.19$ dont $5^m.40$ au-dessus des naissances; elle repose sur le rocher naturel dérasé moyennement à $5^m.79$ sous les nais-

Digitized by Google

sances; elle est composée de maçonnerie en moellons de Souppes avec ciment de Portland. Le mortier a été formé de 480 kilogrammes de ciment par mètre cube de sable.

Pour mieux assurer la liaison des diverses assises, on a interposé vingt grandes bornes verticales dans le massif en moellons, au moment de la construction.

Avant de commencer la démolition de la première tranche, on a eu le soin de remonter le cintre, de manière à ne laisser qu'environ $0^m.02$ de vide sous la voûte, pour en amortir la chute.

Une première tranche de 3 mètres d'épaisseur a été enlevée du 1[er] au 20 juillet 1866 sans produire aucun effet apparent; l'aiguille marquait $0^m.079$ le 1[er] juillet, et $0^m.082$ le 20 juillet. Il y avait donc un abaissement à la clef de $0^m.0003$.

Une seconde tranche, de 2 mètres d'épaisseur, a été enlevée du 22 juillet au 4 août, sans plus d'effet; l'aiguille marquait $0^m.089$ le 20 juillet, et $0^m.123$ le 5 août; la clef s'était donc abaissée de $0^m.0024$.

Une troisième tranche de 3 mètres d'épaisseur a été enlevée du 5 au 20 août, sans parvenir encore à faire fléchir la voûte; l'aiguille marquait $0^m.113$ le 5 et $0^m.142$ le 20. La clef s'était encore abaissée de $0^m.0029$, sans montrer de fissures, ni dans les joints ni dans le corps de la maçonnerie.

Ainsi, en résumé, du 1[er] juillet au 20 août, l'épaisseur de la culée a été réduite à $7^m.10$, sans affaiblir la voûte qui, pendant ce temps, s'est abaissée à la clef de $0^m.0063$; cet abaissement a pu être causé en partie par la température peu élevée de la fin de juillet et du commencement d'août et peut-être aussi par quelque mouvement imperceptible du massif général de la culée.

On ne doit pas perdre de vue d'ailleurs que, pendant cette démolition, l'arche portait toujours la surcharge de 656 kilogrammes par mètre superficiel.

Pressé par le temps et par l'épuisement du crédit, nous n'avons pas jugé opportun de pousser plus loin la démolition par tranches de la culée, et nous avons fait usage de la mine; mais auparavant la voûte a été complétement déchargée, de manière à laisser à découvert l'extrados des voussoirs (Pl. 171, *fig.* 1, 2 et 3).

Le déchargement a eu lieu du 23 au 25 août et a produit un relèvement à la clef de 0m.0111. Toutefois, ce relèvement ne doit pas être attribué uniquement au déchargement, mais aussi à l'influence du soleil qui envoyait des rayons directement sur les voussoirs mis à nu.

Pour détruire par la mine la portion de la culée qui subsistait, on a pratiqué sur chacune de ses deux faces d'amont et d'aval, un peu au-dessous du niveau des naissances et vers le milieu de la longueur un trou de 1m.10 et de 1m.20 de profondeur et de 0m.06 de diamètre que l'on a ensuite rempli de poudre sur 0m.70 et 0m.80 de longueur. L'explosion successive de ces deux mines a produit un grand nombre de fissures dans la maçonnerie de la culée, mais sans parvenir encore à faire ouvrir un seul joint de la voûte. L'aiguille marquait 0m.037 avant les explosions et 0m.044 après, de sorte que la clef s'était abaissée de 0m.0007; mais la voûte était restée parfaitement saîne dans toutes ses parties (Pl. 171, *fig.* 1, 2 et 3).

On s'est alors décidé à démolir directement la voûte en attaquant au ciseau la rangée de voussoirs de la contre-clef.

7° *Démolition de la voûte par la contre-clef.* — La démolition de la voûte, en ruinant la contre-clef, aurait pu être dirigée de manière à rechercher l'épaisseur minimum à la clef; il aurait fallu pour cela diminuer également l'épaisseur de toute la rangée de contre-clef en attaquant l'extrados; mais comme on ne pensait pas que la voûte dût résister aux épreuves qui viennent d'être détaillées, des instructions spéciales n'avaient pas été données sur la marche à suivre

Digitized by Google

pour ruiner les voussoirs. Il en est résulté que la rangée de contre-clef a été attaquée par l'amont et par l'aval sur $0^{m}.50$ de largeur, au lieu de l'être par l'extrados seulement (Pl. 171, *fig.* 1, 2, 4, 5 et 6).

On est arrivé à réduire la section portante de la contre-clef à une surface de $0^{mq}.17$, sans qu'aucun joint se soit ouvert ; mais alors quelques coups de masse sur ce petit solide de $0^{mq}.17$ de section et de $0^{m}.50$ de hauteur horizontale, ont suffi pour produire un écrasement, et par suite l'abaissement lent de la voûte jusqu'à son cintre.

Il est bon d'ajouter que, pendant la démolition de la voûte, on a eu beaucoup de peine à séparer les voussoirs les uns des autres sans les briser, les joints mouillés et fichés, de $0^{m}.012$ d'épaisseur uniforme, avaient une résistance égale à celle de la pierre.

8° *Pression à la clef.* — Avant l'écrasement du petit solide réservé sur le rang de contre-clef, la section de ce petit solide était de $0^{mq}.17$.

La formule employée pour exprimer la pression à la clef est $Q = Rp$, dans laquelle R représente le rayon d'intrados augmenté de la demi-épaisseur de la voûte, et p le poids que supporte un mètre quarré de voûte au sommet, y compris le poids des maçonneries.

L'arche de Souppes était complétement déchargée au moment de sa rupture ; on avait donc :

1° Pour le bandeau de tête, $R = 85^{m}.4965 + \frac{1^{m}.10}{2} = 86^{m}.0465$, et $p = 1.10 \times 2550^{k} = 2805^{k}$.

La densité de 2550 est la moyenne trouvée par M. Michelot (*Annales*, mars et avril 1863).

On en déduit $Rp = 2805^{k} \times 86.0465 =$ . . . . $241360^{k}.43$

2° Pour la voûte de la chaussée $R = 85.4965 + \frac{0^{m}.80}{2}$ $= 85^{m}.8965$ et $p = 0.80 \times 2550^{k} = 2040^{k}$, d'où Rp $= 2040^{k} \times 2.30 \times 85.8965 =$ . . . . $438072^{k}.15$

La pression totale à la clef était donc de. . . . . $679432^{k}.58$

soit, par centimètre quarré sur le petit solide con-

servé $\frac{679432^k.58}{1700}$ = ... 399^k,66

A ce moment, la voûte tenait encore ; il a fallu quelques coups de masse qui ont produit une épauffrure et qui ont réduit la section portante à 1 450 centimètres quarrés, pour produire l'écrasement ; la pression par centimètre quarré pour l'écrasement a donc été de $\frac{679\,432.58}{1\,450} = 468^k.57$. Or la moyenne des résistances à l'écrasement trouvées par M. Michelot pour la pierre de Souppes est de 455 kilogrammes par centimètre quarré.

L'expérience de Souppes donne donc un résultat extrêmement voisin de celui qu'on aurait pu calculer *à priori* par la formule $Q = Rp$.

Si l'on essaye la formule $Q = \frac{pa^2}{2f}$ dans laquelle p exprime comme précédemment le poids que supporte un mètre quarré de voûte au sommet, a la demi-corde et f la flèche,

La pression du bandeau de tête sera exprimée par $\frac{2\,805 \times 18\,943^2}{2 \times 2\,125}$ = ... 236 834^k.40

La pression de la voûte sous la chaussée sera exprimée par $\frac{2\,040 \times 18\,943^2}{2 \times 2\,125} \times 2^m.50$ = ... 430 843^k.30

La pression totale sera donc de. . . . . 667 677^k.70

et par centimètre carré $\frac{667\,677^k.70}{1\,450}$ = ... 460^k.47

On voit donc que, dans l'espèce, les deux formules $Q = Rp$ et $Q = \frac{pa^2}{2f}$ donnent des résultats presque identiques et également rapprochés de la vérité.

L'exactitude des résultats donnés par les deux formules précédentes étant ainsi démontrée expérimentalement, pour le cas particulier de l'écrasement de la voûte, on pourrait

être tenté d'admettre que ces formules donnent encore des résultats suffisamment approchés quand la voûte est entière et qu'elle porte son chargement complet; dans cet ordre d'idees, on calculerait de la manière suivante, la pression de la clef.

D'abord, pour le bandeau de tête, on a, comme précédemment, $R = 86^m.0465$, puis $p = 1.10 \times 2550 + 1.55 \times 1845 = 5664^k.75$, d'où $Rp = 860465 \times 5664^k.75 = 487431^k.91$ par mètre courant, et la pression par centimètre quarré, en la supposant uniformément répartie, serait $\frac{487431^k.91}{11000} = 44^k.31$.

Pour le corps de la voûte, on a $R = 85^m.8965$, $p = 0.80 \times 2550 + 1000^k + 0.66 \times 1845^k = 4257^k.70$, d'où $Rp = 858963 \times 4257^k.70 = 365721^k.53$ par mètre courant et la pression par centimètre quarré serait de $\frac{365721^k.53}{8000} = 45^k.71$.

S'il en était ainsi, on pourrait en conclure que l'épaisseur à la clef de l'arche de Souppes est susceptible d'être encore un peu diminuée; car avec des matériaux aussi faciles à examiner on peut sans danger dépasser en chargement exceptionnel le dixième de la pression qui produit l'écrasement.

Malheureusement nous ne connaissons aucun raisonnement rigoureux qui puisse faire penser que l'une des formules examinées ci-dessus donne des résultats suffisamment exacts quand la voûte entière porte une charge déterminée; il est probable en outre que la charge n'est pas répartie uniformément sur toute la surface du joint. Nous ignorons donc absolument quelle a été la pression maximum supportée par centimètre quarré pendant les épreuves qui ont été décrites.

Toutefois, en appliquant un procédé graphique dû à M. l'ingénieur Durand-Claye et qui a été exposé dans les

Annales, numéro de janvier et février 1867, nous sommes conduit à penser qu'il n'est pas possible de tracer dans notre voûte en charge une courbe de pression donnant moins de 70 kilogrammes par centimètre quarré, et encore rien ne prouve que ce ne soit pas une courbe à plus forte pression qui soit réalisée. Ce dernier résultat infirmerait les formules examinées et montrerait qu'on ne doit pas avoir grande confiance dans leurs indications.

La formule $Q = \frac{pa^2}{2f}$ suppose que la courbe de pression passe à l'intrados à la clef et que le centre de gravité de la demi-voûte se trouve en son milieu.

La formule $Q = Rp$ suppose que la courbe de pression est normale aux joints et qu'il n'y a pas de charge sur les voussoirs.

Ces conditions étaient sensiblement remplies au moment où la voûte déchargée et soutenue seulement par un petit prisme vers l'intrados de la contre-clef s'est affaissée; mais elles cessent de l'être quand la voûte est entière et quand elle porte un chargement.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

En résumé, une surcharge de 1 656 kilogrammmes par mètre quarré n'a produit sur la voûte que des mouvements plus faibles que ceux dus aux variations de température.

Ni cette surcharge de 1 656 kilogrammes, ni les chocs à la clef d'un poids de 4 975 kilogrammes tombant de $0^m.30$ de hauteur, ni la démolition de la culée jusqu'à ne lui laisser que $7^m.10$ d'épaisseur, n'ont pu affaiblir ou disjoindre la voûte qui est restée saine après comme avant ces épreuves.

Enfin, en ce qui concerne la dilatation due à la chaleur, ou les ondulations dues au passage d'un fardeau, ou les vibrations dues à un choc, la voûte s'est comportée exactement comme une arche métallique.

Digitized by Google

Nous croyons utile de faire connaître aux ingénieurs comment l'administration supérieure a apprécié les expériences dont nous venons de rendre compte; nous donnons donc ci-après copie de la dépêche ministérielle du 21 mai 1867. Nous rappelons en terminant, qu'à MM. Romany et Vaudrey revient tout le mérite de ces expériences auxquelles nous n'avons pris qu'une faible part.

Copie de la décision ministérielle du 21 mai 1867.

Monsieur le préfet,

J'ai examiné en Conseil général des ponts et chaussées, les pièces relatives aux résultats des expériences auxquelles a été soumise l'arche très-surbaissée de 37m.886 d'ouverture et de 2m.125 de flèche construite pour essai dans les carrières de Souppes, en vertu de la décision du 19 avril 1864.

Ces expériences font suite à celles dont M. l'ingénieur en chef de la deuxième section de la Seine a rendu compte au commencement de 1866. Elles ont eu pour but, conformément à la dépêche du 15 mars de cette année, de constater les effets produits par des poids morts donnant une surcharge de 1 000 à 1 500 kilogrammes par mètre superficiel. puis par des poids roulants avec chocs vers la clef; enfin, par la ruine de la culée en maçonnerie, en démolissant cette culée par tranches verticales successives.

M. l'ingénieur de Lagréné rend un compte détaillé des nouvelles expériences.

Le conseil des ponts et chaussées a fait observer que les résultats en sont très-importants.

Ils prouvent qu'avec des matériaux d'excellente qualité on peut construire sans danger des arches aussi surbaissées et d'aussi grande ouverture que l'arche d'essai de Souppes, pourvu que l'on obtienne, pour les fondations des

piles et des culées, les conditions de résistance absolue que l'on a eues dans cette expérience.

Ils prouvent, en outre, que les voûtes construites en très-bons matériaux ont une très-grande élasticité.

L'expérience a encore donné des résultats trés-intéressants sous le rapport de la cohésion des matériaux.

La culée a pu ère réduite à une faible épaisseur sans altérer la voûte, même en opérant quelques dislocations dans le reste de la culée, au moyen de deux coups de mine. Ces résultats sont sans doute dus à la forte cohésion du ciment de Portland que l'on a employé dans la construction des maçonneries.

Enfin, on a pu reconnaître par ces expériences la quotité de la pression exercée sur la clef de voûte, et ces données expérimentales présentent d'autant plus d'intérêt qu'il est très-rare de pouvoir en obtenir en cette matière. Aussi le conseil général des ponts et chaussées a-t-il pensé qu'il serait utile de porter les résultats de cette expérience à la connaissance des ingénieurs.

Il a, en conséquence, été d'avis, et je reconnais avec lui, monsieur le préfet, qu'il y a lieu d'inviter M. de Lagréné à rédiger sur la question une notice ou mémoire pour être inséré aux *Annales* des ponts et chaussées, et de l'adresser à la commission chargée de la direction de ce recueil.

Recevez, etc.

Le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics.

Pour le ministre et par autorisation :

Le conseiller d'État, directeur général des ponts et chaussées et des chemins de fer,

Signé DE FRANQUEVILLE.

Paris, le 28 juin 1867.

Digitized by Google

N° 192

NOTICE

Sur la construction du pont de Fium'alto.

Par M. DONIOL, ingénieur des ponts et chaussées.

Le projet de construction d'une arche de 40 mètres d'ouverture et 10^{m}.50 de montée pour le passage de la route impériale n° 198 sur le torrent de Fium'Alto, a été approuvé par la décision ministérielle du 15 mars 1862. La situation des lieux créait pour l'exécution des travaux plusieurs obstacles, dont les principaux consistaient dans l'inexpérience des ouvriers, la nécessité où l'on se trouvait de faire venir une partie des approvisionnements par mer, et l'insalubrité qui rend la localité presque inhabitable pendant les mois de juillet, août, septembre et octobre.

Les fondations ont été exécutées en maçonnerie ordinaire hydraulique, et par épuisements, à 2^{m}.55 en contre-bas du niveau de l'étiage; le sol sur lequel on s'est établi consiste en un rocher schisteux assez tendre, dont les fentes ont été remplies avec du béton. Comme ce rocher inspirait peu de confiance, on a donné au moyen de trois retraites un empatement d'un mètre à la maçonnerie.

Le pont se trouvant éloigné des centres de population, il convenait de s'attacher à donner de la force plutôt que de l'élégance à cette construction ; il fut donc établi au devis que toute l'arche serait construite en maçonnerie ordinaire, à l'exception des clefs et des contre-clefs qui devaient être en pierre de taille sur toute la largeur de la voûte. Les maçons dont on pouvait disposer n'avaient eu, jusqu'alors, à

travailler que pour les besoins des villages qui se trouvent dans les montagnes environnantes ; on craignait que l'exécution ne fût défectueuse; c'est ce qui a déterminé à donner une forte épaisseur à la voûte, et à adopter un rayon d'intrados à la clef aussi faible que possible. Le rayon minimum était de 24m.30, chiffre correspondant au cas d'un arc de cercle ayant ses naissances au niveau de l'étiage ; mais une voûte en arc de cercle n'offre un aspect satisfaisant que si les pieds-droits ont une certaine hauteur, et il convenait de ne placer les couchis qu'à 2m.80 au-dessus de l'étiage, afin de ne pas avoir à redouter les crues ordinaires pendant la construction des maçonneries, et de pouvoir y travailler avant le montage du cintre. C'est ainsi qu'on fut conduit à adopter pour la courbe d'intrados une anse de panier ayant pour rayons 5 mètres et 28m.269. (Voir les *fig.* 7, 8 et 9, Pl. 171).

Les bandeaux de la voûte présentent une saillie de 0m.09 sur le plan des têtes ; tout le corps de douelle, au-dessus du joint placé au-dessus de l'étiage, a été exécuté en maçonnerie à mortier de ciment sur une épaisseur égale à celle des bandeaux, soit 2m.60 à la partie inférieure, 1m.76 à la clef et 2 mètres en moyenne. Le mortier était composé de parties égales en volume de sable de mer et de ciment de la Méditerranée, le sable n'était ni lavé ni tamisé. Le surplus des maçonneries a été exécuté avec mortier hydraulique renfermant 0m.90 de sable pour 340 kilogrammes de chaux fournie éteinte et blutée en sacs par la maison Lafarge du Theil. Le pont n'ayant qu'une largeur de 6 mètres entre les têtes, le remplissage en maçonnerie du vide compris entre les parties inférieures des murs en retour n'occasionnait qu'une augmentation de dépenses très-faible. C'est pourquoi on a donné à la culée une épaisseur de 9 mètres au niveau des naissances.

Les fondations jusqu'au niveau de l'étiage et les maçonneries exécutées après le décintrement ont été faites avec une pierre schisteuse extraite dans le voisinage et s'écrasant

Digitized by Google

sous une pression de 32 kilogrammes par centimètre quarré. Le corps de douelle, exécuté avec mortier de ciment, a été fait avec la pierre calcaire de Tighime, qui ne subit un commencement d'écrasement que sous une charge de 300 kilogrammes par centimètre quarré; pour le surplus de la voûte on a employé une pierre pouvant porter par centimètre quarré environ 150 kilogrammes. L'emploi de la carrière de Tighime, située à 43 kilomètres de distance du pont, a beaucoup augmenté le prix de revient de la construction.

Les maçonneries à exécuter au-dessus du niveau de l'étiage, ont été commencées le 20 mars 1863; mais par suite des retards apportés dans l'approvisionement des bois, le cintre ne put être monté que le 10 mai ; pendant le mois d'avril, les massifs de culée furent presque terminés à toute hauteur, en dirigeant autant que possible les joints de cette maçonnerie ordinaire en prolongement des plans de coupe de l'intrados. Le parement vu de la voûte était formé de grosses pierres, mais sans aucune régularité d'appareil. On posait la pierre à sec sur les couchis, après avoir fixé avec deux cales en bois l'intervalle d'environ $0^m.01$ qui devait constituer l'épaisseur du joint, et dans lequel on fichait le mortier de ciment. Chaque voussoir des bandeaux des têtes était composé de deux ou trois morceaux ; la longueur de ces morceaux, comptée suivant le joint, a été au maximum de $1^m.80$, au minimum de $0^m.50$ et en moyenne de $0^m.80$. La largeur des voussoirs de tête, comptée suivant la courbe d'intrados, a varié entre $0^m.40$ et $0^m.25$; on exigeait une découpe d'au moins $0^m.10$ pour les joints du parement vu de cette maçonnerie rustique.

Des fissures se manifestèrent pendaut la construction, au moment où la voûte se trouvait bâtie jusqu'au point où le rayon vecteur de la courbe d'intrados fait avec la verticale un angle de 35 degrés ; la position de ces fissures sur les bandeaux est indiquée au tableau ci-après :

DÉSIGNATION des quantités.		DU CÔTÉ DE LA CULÉE droite.		DU CÔTÉ DE LA CULÉE gauche.	
		Amont.	Aval.	Amont.	Aval.
Hauteur du point, au-dessus du plan des naissances, sur la courbe.	d'intrados.	3.20	2.80	3.70	4.00
	d'extrados.	5.80	5.80	6.60	6.35
Largeur de la fissure à l'extrados.		0.010	0.015	0.010	0.012

La largeur de ces fissures à l'extrados, qui était d'environ $0^{m}.007$ au début, a atteint rapidement l'amplitude qui est inscrite ci-dessus et qui n'a pas été dépassée. Elles suivaient les joints des voussoirs et se montraient également sur les têtes en maçonnerie ordinaire hydraulique. Il n'y a eu aucune espèce de rupture de pierre sur les parements d'amont; mais sur la tête d'aval, le voussoir contigu à la fissure était épaufré à l'intrados : on a reconnu après le décintrement qu'il ne s'était produit aucune fissure de pierre sur le parement vu de douelle.

Il paraît certain que ces fissures ont été causées par un tassement vertical du cintre. En effet, bien qu'on eût fortement chargé le sommet de la charpente avec des moellons, les reins tendaient à descendre sous le poids des maçonneries, les massifs de culée ne pouvaient pas céder; il devait donc se manifester un mouvement de rotation autour d'un certain point de l'intrados : comme le mortier de ciment durcit rapidement, cette rotation devait occasionner des fissures.

Il est difficile d'éviter un mouvement de ce genre auprès des naissances des grandes arches ; nous pensons qu'on aurait pu l'atténuer si l'on avait augmenté l'équarrissage des vaux, exécuté avec plus de précision les assemblages des bois et diminué l'écartement des deux fermes les plus voisines de la culée. Les supports du cintre n'avaient pas bougé ; ils consistaient en pieux de 8 mètres de longueur, dont le battage avait été assez pénible.

Du mortier gâché clair fut injecté dans les fissures, et l'on continua la construction de la voûte, mais en n'établissant qu'un premier rouleau, c'est-à-dire en ne bâtissant sur le cintre qu'une première zone de voûte d'une épaisseur moyenne d'un mètre, terminée irrégulièrement de manière à constituer des arrachements assez prononcés pour permettre ultérieurement la construction d'un second rouleau en bonne liaison. Ce système de construction d'une voûte épaisse en deux rouleaux, soulage beaucoup le cintre qui n'a à porter que le premier rouleau jusqu'à son clavage ; le durcissement des mortiers de ciment est assez prompt pour que ce premier rouleau ait fait prise au moment où l'on maçonne le second, et fournisse pour ce dernier une espèce de cintre en maçonnerie parfaitement rigide. Pendant la construction du premier rouleau de la voûte, il ne se produisit qu'un seul mouvement dû à un nouveau tassement des cintres, et manifesté par quatre ouvertures symétriques de joints, ayant environ $0^m.004$ à l'extrados. On n'a pas battu les clefs, afin d'éviter tout choc pour le mortier de ciment qui est assez fragile quand il a commencé à faire prise, sans avoir encore eu le temps de bien durcir ; mais pour augmenter le serrage, on introduisait de petits coins en fer dans le mortier de ciment, au fur et à mesure du fichage de ce mortier dans les joints des clefs.

La courbe du cintre avait été réglée pour une ouverture de 40 mètres et une montée de $10^m.60$, c'est-à-dire en prévision d'un tassement de $0^m.10$. Au moment du clavage du premier rouleau de la voûte, qui fut opéré le 21 juin 1863, la flèche de l'arc a été trouvée de $10^m.48$; il ne se produisit plus dès lors aucun mouvement, et les fissures qui n'ont plus été rejointoyées depuis cette époque ne pourraient être reconnues que par l'augmentation d'épaisseur de joints qui en est résulté. Le tassement ne s'est donc produit que sur cintre, et n'a dépassé que de $0^m.02$ les prévisions.

Le second rouleau de la voûte a été exécuté du 21 juin au

11 juillet; on avait soin d'éponger l'eau de lavage qui se réunissait dans les cavités formées par les irrégularités de la surface supérieure du premier rouleau. Toutes les pierres de choix ayant été déjà employées, on ne put utiliser que des moellons irréguliers pour le corps de douelle de cette seconde zone ; il se compose d'une véritable maçonnerie ordinaire ayant des joints d'une épaisseur assez forte et très-variable. On tenait à fermer la voûte avant d'abandonner le chantier, et en raison des maladies occasionnées par l'insalubrité, on eut beaucoup de peine à y parvenir, tout en admettant pour la construction du second rouleau une précipitation peu compatible avec une exécution vraiment soignée des maçonneries. Les ouvriers partirent immédiatement après le clavage du second rouleau de la voûte, bien qu'il y eût encore des maçonneries à faire pour compléter et régulariser l'extrados. On se contenta de faire arroser cet extrados par des femmes pendant quatre ou cinq jours après l'avoir recouvert avec des branchages et un peu de terre, afin de soustraire le mortier de ciment à l'insolation.

Sur les 132 ouvriers qui composaient l'atelier à la fin de juin, 127 furent atteints par les fièvres, malgré les précautions hygiéniques qui avaient été prises ; le conducteur des ponts et chaussées et l'entrepreneur furent également malades.

L'insalubrité, connue sous le nom de *malaria*, règne en Corse, dans les plaines voisines de la mer et dans les parties basses des vallées des grands torrents, depuis la fin de juin jusqu'aux grandes pluies d'automne. Elle est surtout à redouter le matin, le soir et pendant la nuit; elle est principalement attribuée aux exhalaisons des étangs et marais; mais comme elle s'exerce à de très-grandes distances des eaux stagnantes, il y a tout lieu de croire que les miasmes marématiques ne sont pas la seule cause de ces fièvres, et qu'elles peuvent provenir de plusieurs autres circonstances, parmi lesquelles on peut citer l'absence d'eau

Digitized by Google

potable de bonne qualité, un mauvais régime alimentaire, l'énervement causé par des chaleurs prolongées, la sécheresse qui tarit tous les petits cours d'eau, la grande différence qui existe entre la température du jour et celle de la nuit, les précipitations de rosée qui en résultent, les miasmes délétères que ces rosées tiennent en dissolution, et les décompositions végétales que détermine l'action d'un soleil ardent sur les détritus des herbes ou arbustes existant dans les localités dont le sol, généralement imperméable et irrégulier, n'est pas ameubli par la culture. Les mêmes effets peuvent être observés sur beaucoup de points du littoral de la Méditerranée.

L'emploi du ciment exigeant des précautions spéciales, nous avons demandé à M. Désiré Michel, de Marseille, fournisseur du ciment, de nous envoyer un chef d'atelier, trois maçons et trois gâcheurs. Les autres ouvriers étaient Corses ou Italiens, et avaient fort peu de confiance dans l'emploi du ciment, qu'ils n'avaient jamais eu occasion de manier. Les travaux ont été surveillés avec beaucoup de soin et de vigilance par M. le conducteur Santini, secondé par M. l'employé secondaire Agostini ; ils ont su tirer bon parti d'ouvriers généralement inexpérimentés et peu faciles à conduire, qu'on avait naturellement beaucoup de peine à retenir pendant la saison insalubre.

L'époque du décintrement fut fixée au 16 septembre 1863 ; on tenait à l'opérer avant l'arrivée des crues d'automne, mais après durcissement complet des mortiers de ciment. Il fallut mettre des cantonniers en réquisition pour ce travail qui a été opéré pendant la saison insalubre, et sur lequel il paraît inutile de donner des détails, puisque le système des décintrements au sable est parfaitement connu de tous les constructeurs. Nous ferons seulement observer que sur les tablettes quarrées servant de base aux boîtes en tôle de $0^m.30$ de diamètre, on avait cloué (voir les *fig.* 10 et 11, Pl. 171) des petites plates-formes en bois pour retenir les

demi-cônes de sable, en rendre l'évacuation plus lente et permettre les observations qui sont résumées dans le tableau ci-dessous.

NOMBRE des demi-cônes de sable extraits de chaque boîte depuis le commencement du décintrement.	CUBE DE SABLE, exprimé en litres, qui a été évacué		ABAISSEMENT TOTAL correspondant au cube de sable évacué, et calculé d'après la formule $\frac{V}{\pi \times (0.15)^2}$.	ABAISSEMENT TOTAL du cintre effectivement observé d'après la graduation inscrite sur les pistons en bois.
	dans chaque opération.	depuis le commencement du décintrement V		
	litres.	litres.	mètres.	mètres.
4	0.34	0.34	0.0048	0.0005
8	0.29	0.63	0.009	0.003
12	0.35	0.98	0.014	0.005
16	0.38	1.36	0.019	0.010
20	0.57	1.93	0.027	0.019
24	0.57	2.50	0.035	0.027
28	0.58	3.08	0.043	0.035
32	0.65	3.73	0.053	0.045
36	0.82	4.55	0.064	0.057
40	0.84	5.39	0.076	0.070
44	0.83	6.22	0.088	0.082
48	1.17	7.39	0.105	0.100
52	1.54	8.93	0.126	0.123
56	2.27	11.20	0.156	0.150

On voit que l'abaissement réel du cintre correspond sensiblement au cube de sable évacué, sauf pour les premières opérations pendant lesquelles l'écoulement du sable paraît avoir principalement pour effet de diminuer la compression du sable dans les boîtes et d'affranchir certains bois des efforts auxquels ils se trouvaient soumis. Le temps employé pour l'extraction d'un demi-cône de sable a été en moyenne d'une minute. Aucun tassement appréciable n'eut lieu pendant le décintrement, et depuis cette époque, il ne s'est manifesté aucune espèce de mouvement ni de fissure. L'écart entre la température la plus haute et la plus basse dépasse 30 degrés centigrades à Fium'Alto, et la tête aval du pont est directement exposée à l'action du soleil levant; mais nous devons observer qu'il ne gèle jamais dans cette localité.

Digitized by Google

Les travaux du pont n'ayant pu être repris qu'en novembre 1863, l'extrados n'était pas couvert par une chape pendant les pluies d'automne; aussi elles donnaient lieu à des infiltrations d'eau fort abondantes à travers la voûte. L'extrados fut régularisé par une couche de béton, sur laquelle ou étendit une chape en mortier hydraulique de 0^{m}.10 d'épaisseur; et pour mieux préserver la douelle de l'humidité, on recouvrit la chape avec des tablettes de schiste qui furent posées à mortier en forme de toiture et sur lesqnelles fut placée une couche de pierraille et de galets d'environ 0^{m}.08 d'épaisseur. On a employé à la construction du pont 138 425 kilogrammes de ciment de la Méditerranée pour exécuter 14 mètres cubes de maçonnerie de pierre de taille et 684 mètres cubes de maçonnerie ordinaire, ce qui correspond à une consommation moyenne d'environ 200 kilogrammes de ciment par mètre cube de maçonnerie de gros moellons.

Le prix de revient du pont de Fium'Alto, qui présente en plan une surface de 419 mètres quarrés, a été considérablement augmenté par les frais de transport des matériaux destinés à la construction du corps de douelle. La dépense du pont et de ses quarts de cône s'est élevée à 150 000 fr., soit 357 fr. par mètre quarré. Nous avons projeté et fait exécuter cette arche sous la direction de M. l'ingénieur en chef Vogin; le projet de rectification de la route impériale sur laquelle se trouve le pont de Fium'-Alto, avait été dressé par M. l'ingénieur Chanson, notre prédécesseur.

L'exemple du pont de Fium'Alto fait voir que l'emploi du ciment permet de construire un pont de grande ouverture sans qu'aucun tassement se produise au décintrement, alors même qu'on n'a recours à aucune taille d'appareil régulier pour les voussoirs, qu'on n'exécute en mortier de ciment qu'une partie de l'épaisseur de la voûte et que l'atelier ne comprend comme ouvriers spéciaux que ceux employés au gâchage du mortier de ciment.

Les dimensions à fixer pour les maconneries d'une grande arche dépendant non-seulement du système adopté pour le calcul des pressions, mais encore de beaucoup de circonstances accidentelles et locales, telles que la dureté et l'homogénéité des pierres et mortiers, le degré de soin et de précision apporté à la taille des joints et à la confection des mortiers, la nature des fondations, le plus ou moins de hardiesse du constructeur, les surcharges accidentelles prévues pour la chaussée que porte la voûte, etc., on ne pourrait donc se rapporter aux dimensions des grandes arches dont l'expérience a fait reconnaître la solidité que si l'on connaissait tous les détails de leur construction. Il y a cependant un intérêt de curiosité et quelque utilité à comparer les dimensions d'un certain nombre de voûtes à grand rayon ; le tableau ci-après, et les notes placées à la suite, renferment divers renseignements sur un grand nombre d'arches droites ayant un rayon d'intrados supérieur à 20 mètres pour les arcs de cercle et une ouverture supérieure à 24 mètres pour les autres formes.

Digitized by Google

Numéros d'ordre.	DÉSIGNATION des ponts.	ANNÉE de la construction.	OUVERTURE droite.	FLÈCHE ou montée.	RAYON d'intrados à la clef.	ÉPAISSEUR APPARENTE de la voûte à la clef.	ÉPAISSEUR APPARENTE de la voûte auprès des naissances.	HAUTEUR du pied-droit.	ÉPAISSEUR de la culée.
	I. Ponts en plein cintre, anse de panier ou ellipse.								
1	Nogent.	»	50.00	25.00	25.00	1.80	1.80	0.60	10.75
2	Gignac.	1790	48.72	13.30	35.89	1.95	»	»	11.05
3	Severn.	1831	47.10	10.99	48.98	1.41	1.41	0.00	6.91
4	Londres.	1831	46 24	8.98	49 37	1.52	»	»	»
5	Alma.	1855	43.00	8.20	53.75	1.50	»	1.00	8.00
6	Napoléon.	1860	42.00	21.00	21.00	1.50	1.50	0.00	»
7	Scrivia.	1852	40.00	10.00	25.00	1.80	2.80	15.00	12.30
8	Berdoulet.	1860	40.00	11.60	24.40	1.70	3.30	0.00	»
9	Fium'Alto.	1863	40.00	10.48	28.27	1.76	2.65	2.55	9.00
10	Neuilly.	1774	39.00	9.75	48.73	1.62	1.62	2.30	10.80
11	Romilly.	1785	38.90	19.45	19.45	1.62	»	»	»
12	Têtes.	1732	38.00	19.00	19.00	1.62	1.62	»	»
13	Waterloo.	1817	36.57	9.00	34.32	1.57	3.04	3.00	9.14
14	Pavie.	1861	36.00	10.20	»	1.25	1.25	2.35	10.60
15	Mantes.	1760	35.10	10.49	»	1.95	»	0.98	8.77
16	Saut-du-Rhône.	»	34.00	9.74	19.70	1.30	»	»	»
17	Villeneuve.	1851	34.00	7.02	38.18	1.12	»	0.70	»
18	Orléans.	1759	32.50	9.10	»	1.30	1.30	0.42	5.85
19	Golo.	1620	32.45	13.00	21.00	0.70	0.70	4.50	»
20	Louis-Philippe.	1862	32.00	8.25	»	1.00	1.50	0.60	8.00
21	Pont au Change.	1860	31.60	7.72	»	1.03	1.50	1.50	8.00
22	Avignon.	1177	31.36	15.68	15.68	0.74	»	»	26.43
23	Port-de-Pile.	1847	31.00	11.00	21.60	1.30	»	3.40	7.30
24	Goeltzsch.	1851	30.87	20.39	14.15	1.13	1.13	17.65	23.50
25	Elster.	1851	30.59	19.50	14.40	1.13	1.13	16.76	14.30
26	Point-du-Jour.	1865	30.25	9.00	»	1.60	»	0.50	10.00
27	Châlonnes.	1865	30.00	7.50	30.00	1.30	1.80	2.15	13.72
28	Pont-de-l'Arche.	1856	30.00	8.50	25.50	1.00	»	»	8.00
29	Vecchio.	1827	30.00	15.00	15.00	1,50	1.50	1 40	»
30	Nogent-sur-Seine.	1769	29.25	8.77	»	1.30	1.30	0.42	5.85
31	Trinité.	1570	29.19	4.57	40.90	0.90	1.50	4.28	»
32	Bercy.	1864	29.00	8.00	»	1.00	1.20	»	7.50
33	Alby.	1864	27.60	13.80	13.80	1.30	2.20	»	»
34	Saône.	»	27.00	10.00	»	1.30	»	2.00	7.50
35	Bordeaux.	1821	26.00	8.00	»	1.20	1.40	7.00	13.00
36	Cognocoli.	1865	26.00	10.00	»	1.20	1.20	1.80	4.00
37	Moligny.	»	26.00	13.00	13.00	0.92	»	»	3.65
38	Taravo.	1865	26.00	13.00	13.00	1.20	1.20	2.50	4.50
39	Montlouis.	»	24.75	7.10	23.95	1.30	»	1.90	10.50
40	Trilport.	»	24.50	8.44	»	1.36	»	1.95	5.85
41	Tours.	1762	24.40	7.80	25.50	1.42	»	3.23	4.87
42	Loire.	»	24.20	7.97	»	1.20	»	0.87	5.62
	II. Ponts en arc de cercle.								
43	Chester.	1832	61.00	12.81	42.71	1.22	1.83	5.60	23.00
44	Vieille-Brioude.	1454	54.00	21.40	»	»	»	»	»
45	Tournon.	1545	49.40	20.47	25.13	0.88	0.88	0.00	8.12
46	Berne.	1844	48.04	19.15	24.64	1.80	2.40	4.90	14.76
47	Claix sur le Drac.	1611	45.50	16.90	23.76	0.97	0.97	0.00	6.82

Digitized by Google

Suite du tableau précédent.

Numéros d'ordre.	DÉSIGNATION des ponts.	ANNÉE de la construction.	OUVERTURE droite.	FLÈCHE ou montée.	RAYON d'intrados à la clef.	ÉPAISSEUR APPARENTE de la voûte à la clef.	ÉPAISSEUR APPARENTE de la voûte auprès des naissances.	HAUTEUR du pied-droit.	ÉPAISSEUR de la culée.
	II. Ponts en arc de cercle. (*Suite.*)								
48	Vérone.	1354	44.50	10.90	28.16	1.62	»	»	10.40
49	Turin.	1834	44.24	5.40	48.00	»	»	8.00	12.00
50	Taff.	1756	43.90	10.90	»	»	»	»	»
51	Y-tu-Prydd.	1760	42.70	10.67	26.68	0.90	»	0.00	»
52	Pont-de-Marbre. . .	»	42.08	9.11	28.85	1.63	1.63	0.00	»
53	Vizille.	»	41.90	11.69	24.61	1.95	»	»	»
54	Napoléon III.	1853	34.50	4.60	34.64	1.20	1.20	7.00	14.00
55	Saint-Esprit.	1307	33 60	11.00	18.32	1.00	»	»	»
56	Petit-Pont.	1853	32.50	3.10	44.14	1.35	2.00	»	13.00
57	Austerlitz.	1854	32.24	4.10	33.74	1.25	1.25	»	10.00
58	Invalides.	1855	31.60	4.10	32.49	1.20	1.80	»	11.00
59	Munich.	1814	31.20	5.20	26.00	1.30	»	»	9.75
60	Concorde.	1791	31.19	3.97	32.62	1.40	»	7.67	17.54
61	Pont aux Doubles. .	1847	31.00	3.10	40.30	1.35	3.00	6.00	14.00
62	Black-Friars.	1769	30.47	8.22	18.22	»	2.04	»	»
63	Saint-Clair.	»	30 00	4.02	29.99	1.60	1.85	9.50	11.80
64	Nuremberg.	1599	29.52	3.39	33.80	1.22	1.22	0.00	12.87
65	Florence.	1600	29.25	5.85	21.20	1.62	»	»	8.79
66	Iéna.	1813	28.00	3.30	31.34	1.44	»	6.13	15.00
67	Roanne.	»	28.00	3.50	29.75	1.20	»	»	»
68	Glasgow.	»	27.00	5.00	20.72	0.75	»	»	»
69	Dorlaston.	»	26 37	4.11	23.23	1.07	»	5.03	9.76
70	Moret.	1771	25.30	1.85	46.77	1.30	»	»	»
71	Oise.	»	25.10	3.57	23.84	1.40	»	5.43	9.60
72	Grenoble.	1863	25.04	3.30	25.40	1.20	1.20	3.90	8.50
73	Bayonne.	1849	24.00	3.50	22.32	1.40	»	4.00	11.00
74	Sainte-Maxence. . .	1784	23.40	1.95	36.07	1.46	1.46	8.45	11.80
75	Tilsitt.	1864	22.84	2.75	25.00	1.10	1.30	»	12.00
76	Pont-d'Ain.	1856	22.00	3.15	20.78	1.30	»	5.00	5.70
77	Homps.	1785	21.40	2.87	21.40	1.30	»	»	8.77
78	Sorille.	1848	21.00	2.81	21.00	1.35	1.56	4.80	8.00
79	Val Benoist.	1832	20.00	2.68	20.00	1,00	»	»	»
80	Sambre.	»	20.00	2.50	21.25	0.90	0.90	»	»
81	Nemours.	1805	16.25	1.11	30.29	0.97	0.97	6.17	5.20
82	Rue-des-Abattoirs. .	»	16.05	1.55	21.55	0.90	»	3.93	10.00
83	Viaduc sur la Saône.	»	16.00	1.65	20.20	1.60	1.60	5.50	7.45
84	Pesmes.	1772	14.14	1.23	20.93	1.23	1.23	3.74	4.03
	III. Aqueducs, passerelles et arches d'essai.								
85	Union.	1860	67.00	17.93	40.26	1.27	1.88	0.00	»
86	Souppes.	1865	37.886	2.125	85.50	1.10	1.10	3.00	15.10
87	Vassy.	1844	31.00	2.99	41.64	1.30	2.00	»	11.00
88	Avallon.	1847	30.00	3.00	39.00	1.00	1.50	3.84	9.20
89	Milan.	1861	25.00	1.665	47.34	0.31	0.28	4.50	»

Digitized by Google

NOTES.

(1) Le viaduc de Nogent-sur-Marne construit pour le chemin de fer de Paris à Mulhouse, a coûté 5 400 000 francs; il a une hauteur maximum de 31 mètres et une longueur de 830 mètres; il renferme 30 arches de 15 mètres et 4 arches de 50 mètres, séparées par des piles de 6 mètres d'épaisseur, fondées sur un massif de béton, dont la base repose sur une couche de gravier située à 9 mètres en contre-bas de l'étiage; la largeur entre les têtes est de 8^{m}.40.

(2) Pont sur l'Hérault en pierre de taille, composé de 3 arches en anse de panier; l'ouverture des arches de rive est de 25^{m}.50, et l'épaisseur des piles de 7^{m}.80.

(4) 5 arches en granit, celles de rive ayant 40 mètres et les arches intermédiaires 43 mètres d'ouverture; l'épaisseur des piles au sommet est de 7^{m}.31; la dépense a été d'environ 13 millions et demi.

(5) 3 arches elliptiques sur la Seine, en pierre de taille, ayant leurs naissances à 0^{m}.65 au-dessus de l'étiage; épaisseur à la clef réduite à 1.30 dans le plan des têtes, qui sont allégées par des voussures évasées; les arches de rive ont une ouverture de 38^{m}.50 et une flèche de 7^{m}.50; la largeur du pont entre les têtes est de 20^{m}.70; sa longueur de 139^{m}.69; l'épaisseur des piles de 5 mètres. Culée droite et piles fondées sur pilotis, les culées étant reliées aux murs de quai. L'épaisseur du corps des voûtes est de 2 mètres à son intersection avec le plan formant le dessus des piles. Les voussures des têtes sont engendrées par une ligne qui se meut dans un plan normal à la douelle et s'appuie sur un arc de cercle tangent au sommet de l'ellipse, ayant pour l'arche centrale 43^{m}.88 de corde et 4^{m}.80 de flèche, et sur l'intersection du cylindre elliptique de la douelle avec le plan passant à zéro au sommet et à 2^{m}.50 en arrière des têtes aux naissances. Le mortier est composé de trois parties de sable pour deux de ciment de Vassy. Dépense pour le pont de 1 600 000 francs, soit 588^{f}.25 par mètre quarré en plan, et de 2 075 000 francs, y compris les raccordements des quais.

(6) Pont d'une seule arche à Gavarnie, près Saint-Sauveur; elle est contre-butée par le rocher naturel, et exécutée en mortier de ciment. La hauteur de l'axe de la chaussée au-dessus du torrent est de 66^{m}.50; la longueur du pont entre les dés est de 66^{m}.20, et sa largeur entre les têtes de 4^{m}.90. Ce pont a coûté 318 000 francs, y compris 121 000 francs pour cintre et pont de service. Les ban-

Digitized by Google

deaux des têtes sont en pierre de taille, et le mortier de la voûte est fait avec ciment de Vassy. Le décintrement opéré avec des verrins n'a produit qu'un tassement à la clef inférieur à 0^m,005; il a été effectué un mois après la fermeture de la voûte, dont la construction avait duré deux mois.

(7) Viaduc ayant 9 mètres de largeur, et construit pour le chemin de fer de Turin à Gênes; il se compose d'une arche en plein cintre de 25 mètres de rayon, ayant ses deux naissances noyées dans les massifs de culée, de manière à ne laisser voir en parement qu'un arc de cercle de 40 mètres d'ouverture et 10 mètres de corde. Le décintrement opéré immédiatement après l'achèvement de la voûte a produit un tassement de 0^m.08 à la clef. Cette construction en briques a coûté environ 450 000 francs.

(8) Pont de chemin de fer (Ariége) ayant 8^m.72 de largeur entre les têtes, exécuté en maçonnerie de gros moellons avec mortier de ciment de la Méditerranée; les bandeaux des têtes sont paramentés avec ce mortier. La grande arche, ayant des rayons d'intrados de 24^m.40 et 21^m.50, offre l'apparence d'une voûte en arc de cercle ayant 3^m.30 d'épaisesur à sa retombée sur le rocher naturel, et contre-butée aux reins par deux voûtes en arc de cercle ayant 11^m.60 de corde et 3.26 de montée.

(10) Le tassement à la clef s'est élevé à 0^m.66; l'épaisseur des piles est de 4^m.22.

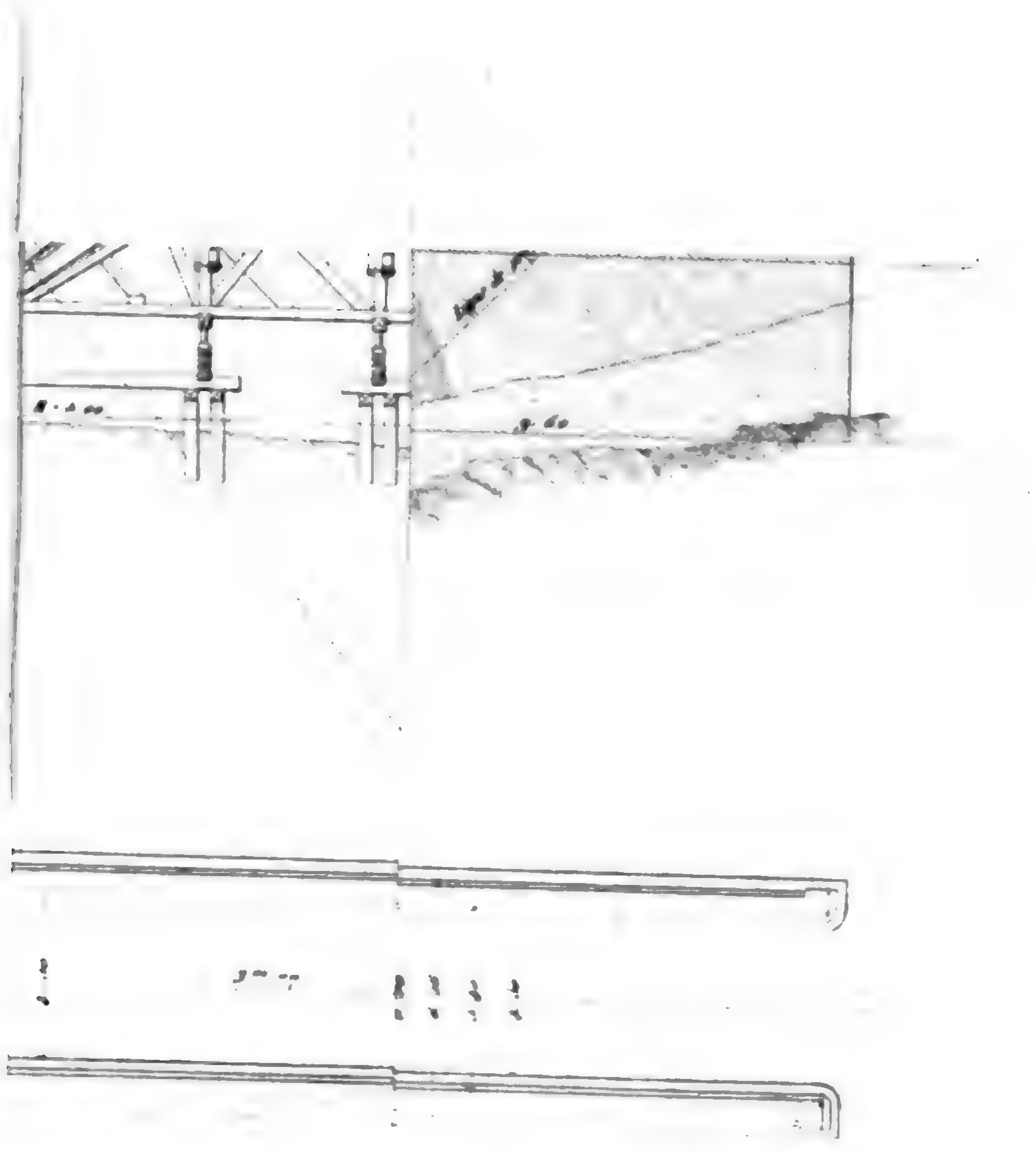
(11) Pont sur le Chéran, en pierre de taille.

(12) Pont sur la Durance.

(13) Pont de 9 arches, en granit, ayant coûté environ 14 millions; longueur de 404 mètres; les piles ayant 6^m.09 d'épaisseur sont ornées de colonnes doriques; cet ouvrage est sur la Tamise, à Londres.

(14) Pont de chemin de fer, sur le Tessin, composé de cinq arches elliptiques exécutées avec mortier de ciment de la Méditerranée; l'épaisseur des piles est de 6 mètres; les reins des voûtes sont contre-butées par des arceaux de décharge régnant au-dessus de chaque pile et sur les culées.

(17) Arche marinière sur l'Yonne qui remplace trois anciennes arches; elle s'appuie d'un côté sur une ancienne pile de 5^m.65 d'épaisseur, et de l'autre sur un ancien massif de maçonnerie d'une longueur d'environ 25 mètres. La voûte, ayant une épaisseur moyenne de 1^m.50, a été construite en moellons de grès, avec mortier composé de volumes égaux de sable et de ciment de Vassy. Elle a été décintrée dix jours après son achèvement, et il ne s'est manifesté aucun tassement.



0,003 pour mètre .

Echelle E. de 0m 0,1 pour mètre .

8 9 10 11 12 13 14 15 mètre

0,1

1 mètre

Gravé par Dulos

(19) Pont construit en Corse sous la domination génoise; il se compose de deux arches, dont la première a $4^m.92$ et la seconde $3^m.92$ de largeur entre les têtes.

(20) Trois arches elliptiques construites à Paris, en remplacement d'un pont suspendu: elles ont 16 mètres de largeur entre les têtes; les piles, fondées sur béton, ont 4 mètres d'épaisseur; la maçonnerie est à mortier de ciment de Portland; les arches de rive ont 3 mètres d'ouverture et $7^m.73$ de flèche; la dépense a été de $576\,008^f.58$, soit 360 francs par mètre quarré en plan. Le béton des piles a été coulé dans un caisson en charpente qui a été échoué dans un encaissement dragué.

(21) Trois arches elliptiques construites à Paris, avec mortier de ciment de Portland, ayant une largeur de 31 mètres entre les têtes et de 30 mètres entre parapets, et leurs naissances à $1^m.50$ au-dessus de l'étiage; le corps des voûtes a $2^m.50$ d'épaisseur à la hauteur des chaperons. Les piles ayant 4 mètres d'épaisseur sont fondées sur béton, à 4 mètres en contre-bas de l'étiage; la culée droite, de 8 mètres d'épaisseur, est reliée par des contre-forts à d'anciennes maçonneries; la longueur du pont est de $102^m.80$; il a coûté $1\,272\,331^f.38$, soit $399^f.26$ par mètre quarré. La flèche est de $7^m.40$ pour l'arche de rive droite et de $7^m.01$ pour celle de rive gauche.

(22) Cet ouvrage en pierre de taille avait 21 arches, dont il ne reste plus que 4 en ruines; les culées se confondaient avec les murs en retour; épaisseur de $6^m.96$ pour les piles aux naissances.

(23) Viaduc pour chemin de fer sur la Creuse, comprenant 3 arches semblables fondées sur l'argile compacte, à 4 mètres au-dessous de l'étiage, au moyen de béton coulé dans des caisses sans fond, à parois inclinées. L'épaisseur est de $5^m.50$ pour les piles, sur l'aplomb desquelles le béton fait saillie de $1^m.50$. Le corps de douelle est en pierre de taille d'une queue moyenne de $0^m.70$, et 7 chaînes de $1^m.30$ de queue règnent sur la douelle de chaque voûte. Le cintre, chargé au sommet de 50 000 kilogrammes, était surhaussé de $0^m.09$. Le tassement sur cintres pendant la construction a été en moyenne de $0^m.03$. Le décintrement a produit en outre un abaissement à la clef de $0^m.08$; il a été opéré au moyen de sacs de sable, 25 jours après la fermeture de la voûte.

(24) Viaduc du chemin de fer saxo-bavarois, ayant une longueur totale de 580 mètres, une largeur entre parapets de $7^m.94$, une hauteur moyenne de $40^m.50$, et une hauteur maximum de $80^m.34$, non compris 12 mètres de fondation. La partie centrale de ce viaduc, dont la construction a duré 5 ans, et qui a coûté

Digitized by Google

8 263 000 francs, est coupée par 2 arches superposées en anses de panier surhaussées; l'arche la plus grande, occupant le second étage, est en granit et a pour rayons d'intrados $30^m.87$ et 14.15; l'arche placée au-dessus a $28^m.62$ d'ouverture et $18^m.19$ de flèche, et est formée par une voûte en briques d'une épaisseur uniforme de $1^m.17$. La largeur du pilier séparant ces deux grandes arches du reste du viaduc est de $6^m.80$ pour l'étage supérieur et de $7^m.65$ pour l'étage inférieur. Le mortier est composé de parties égales de sable, chaux et ciment de briques. Le tassement de la grande arche, au décintrement, a été de $0^m.048$.

(25) Viaduc sur le chemin de fer saxo-bavarois, ayant une longueur de $271^m.92$, une hauteur moyenne de 21 mètres, une hauteur maximum de $69^m.68$, et ayant coûté 3 929 000 francs. L'arche principale en anse de panier surhaussée, ayant pour rayons $30^m.59$ et $14^m.40$, est en granit et est située au-dessus d'une voûte de $28^m.33$ d'ouverture.

(26) Pont-viaduc à deux étages reliant le chemin de fer de ceinture de la rive droite avec celui de la rive gauche, et établissant en même temps une communication par terre entre les deux rives de la Seine, près Paris. Cinq arches elliptiques égales, séparées par des piles ayant une épaisseur aux naissances de $4^m.72$, et fondées au moyen de caissons sans fond sur un massif en béton ayant sa face inférieure à $5^m.20$ et sa face supérieure à 1 mètre en contre-bas du niveau de l'étiage, qui se trouve lui-même à $0^m.60$ en contre-bas des naissances. La culée droite est fondée sur pieux reliés par du béton. L'épaisseur à la clef, qui est de $1^m.60$ dans la partie centrale portant le viaduc, est réduite à 1 mètre dans les parties latérales qui correspondent à la circulation ordinaire. On a employé le ciment de Portland. La dépense du pont proprement dit a été d'environ 3 millions. Le pont comprend 2 trottoirs latéraux de 2 mètres et 2 voies de $7^m.50$ de largeur, séparées par une entre-voie de 11 mètres sur laquelle s'élève le viaduc du chemin de fer, composé de 31 arches en plein cintre de $4^m.80$. Le viaduc est terminé à chaque extrémité par une arche en arc de cercle de 20 mètres d'ouverture, pour le passage des quais. A chaque grande arche du pont correspondent 6 arches de viaduc, sur lequel les rails se trouvent à 20 mètres au-dessus de l'étiage. Le pont ayant 31 mètres de largeur, y compris garde-corps, la longueur du massif en béton de chaque pile s'élève à 40 mètres; le corps des voûtes a $2^m.60$ d'épaisseur à la retombée des piles.

(27) Pont sur la Loire pour le chemin de fer d'Angers à Niort, comprenant 17 arches de 30 mètres d'ouverture, ayant 8 mètres

Digitized by Google

de largeur entre parapets, et les rails à 11m.85 au-dessus de l'étiage. La fondation repose sur des schistes et grès; jusqu'à 4m.65 de profondeur au-dessous de l'étiage, on a fondé par épuisements dans des batardeaux; dans les profondeurs d'eau plus grandes, on a fondé sur béton immergé dans des enceintes de pieux jointifs, contre-butées par des enrochements. Le mortier hydraulique était composé de 0.50 de chaux de Doué en poudre et 0.90 de sable. La dépense de fondation de la seizième pile, établie à 8m.73 au-dessous de l'étiage, soit 10 mètres au-dessous des eaux moyennes, a coûté 70600 francs, le massif de fondation présentant 14m.70 de longueur sur 6m.50 de largeur. Les socles et pieds-droits formant 3 retraites sont couronnés en pierre de taille; entre les naissances et les plinthes, l'ouvrage est construit en petits matériaux. Des refends donnent l'apparence d'un grand voussoir à l'ensemble de 12 moellons, dont 6 visibles sur le bandeau et 6 en douelle. Les reins ont été allégés par deux petites voûtes longitudinales de 2m.20 de diamètre, pour diminuer la poussée du remplissage. Pour accélérer la prise du mortier dans la voûte, on l'a composé de 0.10 de ciment de Portland, 0.40 de chaux hydraulique et 0.90 de sable. On a fourni 9 cintres neufs pour les 17 arches. La construction a duré 30 mois. Le tassement à la clef a été de 0m.04 pendant la construction et de 0m.05 à la suite du décintrement; la dépense s'est élevée à 2136000 francs. Les piles ont 3m.50 d'épaisseur aux naissances; la culée comprend une travée de 4 mètres; on a donné 8 mètres d'épaisseur de culée à Nantes pour des arches semblables à celles de Chalonnes sans petite travée.

(28) Quatre arches construites en craie dure avec mortier composé de deux parties de sable pour une de ciment.

(29) Pont situé en Corse sur la route d'Ajaccio à Bastia, et composé d'une seule arche qui a coûté 203990 francs, et est fondée sur rocher et a 5m.10 de largeur entre les têtes; la hauteur de la chaussée est à 18m.65 au-dessus du niveau des fondations, et à 31m.80 au-dessus de l'étiage du torrent de Vecchio; mortier de chaux et pouzzolane.

(30) Le tassement à la clef s'est élevé à 0m.44.

(31) Pont de 3 arches construit sur l'Arno, à Florence, avec radier général et ayant coûté environ 500000 francs; la courbe présente à la clef un pointement dissimulé par des cartouches en marbre blanc.

(32) Cinq arches elliptiques sur la Seine, celles de rive ayant une ouverture de 28 mètres et une flèche de 7 mètres; les naissances sont à 1m.25 au-dessus de l'étiage; on a employé le ciment

Digitized by Google

de Portland; les culées ayant 5 mètres de hauteur à leur partie postérieure, sont extradossées suivant un plan tangent aux reins des voûtes vers le tiers de l'ouverture des arches; la largeur du pont entre les têtes est de 20 mètres, celle entre parapets de 19^{m}.20, celle de la chaussée de 10^{m}.00; la longueur de 159 mètres, et l'épaisseur des piles de 4 mètres au niveau des naissances. La culée droite est fondée sur pilotis à 0^{m}.50, et les piles sur béton à 4^{m}.25 au-dessous de l'étiage. Dépense d'environ 1 300 000 francs.

(33) Pont de route impériale sur le Tarn, ayant 5 arches, 12 mètres de largeur entre les têtes, et ayant coûté 880 000 francs, y compris la route aux abords sur une longueur de 690 mètres. Les tympans sont évidés au moyen de 3 arceaux en plein cintre de 4 mètres d'ouverture, la ligne des centres de ces arceaux suivant la pente générale du pont de 0^{m}.0123 par mètre, et leurs surfaces d'extrados étant tangentes au même plan que celles des grandes voûtes. La direction du pont fait avec celle des rives un angle de 74 degrés. Chaque arche se compose de cinq voûtes droites, en retraite de 0^{m}.731 l'une sur l'autre, sur le plan des naissances. Les évidements et l'emploi de la brique ont allégé la construction. Les piles, ayant 4^{m}.40 d'épaisseur aux naissances, sont fondées sur des massifs de béton arasés à 0^{m}.34 au-dessous de l'étiage, reposant à une profondeur de 6^{m}.50 au-dessous de l'étiage sur un tuf marneux, et protégées extérieurement par des enrochements d'au moins 1 000 kilogrammes. Le coulage du béton des piles était opéré dans une enceinte composée de pieux battus dans des trous forés à l'avance dans le tuf et de vannages formés de madriers horizontaux et de montants verticaux. Ces vannages assemblés à terre et découpés de manière à épouser le profil du tuf étaient guidés pendant leur immersion par des colliers embrassant les pieux et se plaçant de bout à l'intérieur de la ligne des pieux sur laquelle la pression du béton les appliquait. Les pieux des deux grandes lignes étaient d'ailleurs reliés, près de leur sommet, par des tirants en fer.

(34) Pont du chemin de fer de Lyon; les piles ont 4 mètres d'épaisseur.

(35) Dix-sept arches en pierre de taille et briques, avec reins évidés au moyen de galeries voûtées; l'épaisseur des piles aux naissances est de 4^{m}.21; le tassement au décintrement a été en moyenne de 0^{m}.023, et la dépense d'environ 6 millions.

(36) Une arche en anse de panier construite en Corse; longueur de 35^{m}.62, largeur de 4^{m}.50 entre les têtes, et dépense de 37 566^{f}.80. Il n'y a eu aucun tassement; le mortier était composé d'un volume

Digitized by Google

de chaux grasse et de deux volumes du mélange fait à l'avance de sable et de pouzzolane par parties égales.

(38) Une arche construite en Corse; longueur de 47m.84 entre les dés; largeur de 4m.50 et dépense de 49588f.19.

(39) Pont de chemin de fer sur la Loire; anse de panier à 9 centres; l'épaisseur des piles est de 2m.88 au sommet, 3m.25 au niveau des naissances, 3m.80 au socle et 5m.80 pour le massif des fondations.

(41) Les naissances sont à 0m.43 au-dessus de l'étiage; la largeur entre les têtes est de 15m.40, et l'épaisseur des piles de 4m.90; au-dessus de chaque pile se trouvent 3 voûtes de décharge, dont les ouvertures sont de 7 mètres pour l'arc central et de 3m.35 pour les arcs latéraux; les maçonneries descendent jusqu'à 3m.12 au-dessous de l'étiage.

(42) Pont du chemin de fer de Vierzon, construit près d'Orléans.

(43) Pont à Grosvenor-sur-la-Dee, ayant coûté environ 1 million, et composé d'une grande arche fondée sur rocher, qui a 10m.20 de largeur entre parapets, a ses reins allégés par des voûtes de décharge et est exécutée en calcaire dur pour les bandages et en grès pour la douelle. Le décintrement opéré quand les mortiers étaient encore mous a produit un abaissement de 0m.06 à la clef.

(44) Pont qui est tombé par écrasement des voussoirs, peu solides vers la clef; il n'avait pas de pied-droit; l'épaisseur était de 6m.17 pour la culée et de 1m.51 pour la voûte à la clef.

(46) L'arche principale de ce pont, construit sur la Nydeck, est contrebutée par deux voûtes en plein cintre, ayant chacune 17m.27 d'ouverture; au-dessus de la pile-culée séparant la grande arche de la petite, on a établi intérieurement une voûte formant un cylindre complet de 10.05 de diamètre. L'épaisseur de la voûte aux naissances est de 3m.80 pour le corps intérieur de douelle; des feuilles de plomb ont été intercalées dans les joints de rupture. Les piles-culées sont fondées sur un massif en béton de 1 mètre d'épaisseur; le pont a 120 mètres de longueur et 12m.72 de largeur entre les têtes; il a coûté environ 900 000 francs.

(48) Pont dit du Vieux-Château; il est couvert, et composé de trois arches dont les ouvertures s'élèvent à 44m.50 pour la grande arche de rive, à 25.65 pour l'arche centrale, et à 21m,90 pour la petite arche de rive. L'épaisseur est de 11.24 pour la pile supportant la retombée de la grande arche et de 5m.62 pour l'autre pile.

(50) Pont tombé sous une surcharge de reins; il n'avait pas de pied-droit; l'épaisseur était de 1m.10 à la clef et de 7.85 pour la culée.

(51) Pont construit dans le comté de Glamorgan, et ayant une lar-

Digitized by Google

geur de 3.35 entre les parapets qui sont réglés suivant une pente de 25 p. 100. Pour soulager les reins, on y a ménagé trois ouvertures cylindriques traversant les tympans d'une tête à l'autre, et ayant respectivement 2m.43, 1m.52 et 0m.91 de diamètre. Les voussoirs de tête, qui sont en grès dur, ont une hauteur uniforme de 0m.76; leur épaisseur varie entre 0m.23 et 0m.15, et leur queue entre 0m.45 et 0m.30.

(54) Pont sur la Seine pour le chemin de fer de ceinture, avec route latérale, comprenant cinq arches sur pilotis et deux petites arches de 12 mètres d'ouverture; la largeur entre les têtes est de 15m.40 dont 7m.74 pour le chemin de fer de ceinture, et le surplus pour la circulation ordinaire; des voûtes intérieures, présentant ensemble un vide de 3 500 mètres quarrés, ont été construites dans les tympans pour alléger la construction; le mortier était formé de parties égales de sable et de ciment; le décintrement opéré trente jours après la fermeture de la voûte n'a pas produit d'abaissement; la dépense s'est élevée à 2 236 905 francs.

(55) Dix-sept arches ayant 5m.20 de largeur entre les têtes et et leurs naissances à 2 mètres au-dessus de l'étiage; la longueur du pont est de 786 mètres, et l'épaisseur des piles de 10. Tous les voussoirs sont appareillés en bandeau et ont 1 mètre de hauteur uniforme; les voûtes se composent ainsi de quatre cours parallèles qui ne sont liaisonnés que de cinq en cinq voussoirs; les autres pierres sont simplement juxtaposées.

(56) Une arche sur la Seine ayant une ouverture de 32m.50 à l'aval et de 31 mètres sur la tête d'amont, 21 mètres de largeur entre les têtes, 20 mètres entre les parapets et 12 mètres de chaussée; le mortier, composé de parties égales de sable et de ciment, a servi à parementer les bandeaux. Le décintrement, opéré trente jours après la fermeture de la voûte, a causé un abaissement de 0m.04; la dépense s'est élevée à 385 709f.42, soit 578f.19 par mètre quarré.

(57) Cinq arches sur la Seine ayant 18 mètres de largeur entre les parapets, dont 11 mètres pour la chaussée, et les naissances à 5m.40 au-dessus de l'étiage; elles reposent sur d'anciennes maçonneries; l'épaisseur des voûtes auprès des naissances est de 2 mètres; le mortier est composé de trois parties de sable et deux de ciment de Vassy. Le décintrement, opéré trente jours après la fermeture de la voûte, a causé un abaissement de 0m.035 à la clef. La dépense s'est élevée à 951 204f.08, soit 304f.40 par mètre quarré.

(58) Quatre arches sur la Seine ayant 16 mètres de largeur entre les têtes, dont 10 mètres pour la chaussée; les arches de rive ont

31m.86 d'ouverture et 3m.10 de flèche ; les naissances sont à 5m.10 au-dessus de l'étiage ; l'épaisseur pour la pile est de 4m.55 au sommet, de 5 mètres à la base, de 5m.50 pour le socle supérieur s'élevant à 0m.08 au dessus de l'étiage, et de 6 mètres pour le socle inférieur. Le mortier a la même composition et le décintrement a été fait de la même manière que pour le pont n° 54 ; il a produit un abaissement à la clef de 0m.04. On a utilisé les maçonneries d'un ancien pont suspendu. Les parapets sont en fonte. La dépense s'est élevée à 988 772f.47, soit 543f.46 par mètre quarré.

(59) Trois arches en pierre de taille, reposant sur des piles de 2m.92 d'épaisseur.

(60) Cinq arches sur la Seine, ayant coûté environ 3 millions ; celles de rive ont 25m.34 d'ouverture et 2m.98 de flèche ; les arches intermédiaires ont une ouverture de 28m.26 et une flèche de 3m.68. Au niveau de l'étiage, placé à 5m.72 au-dessous des naissances, l'épaisseur est de 2m.92 pour les piles, et de 15m.59 pour les culées ; la largeur entre les têtes est de 15m.59. L'ouvrage est fondé sur des plates-formes en charpente arasées à 1m95 au-dessous de l'étiage et reposant sur des pilotis. L'abaissement total de la clef pour cette construction paraît s'être élevé à 0m.33 pour l'arche centrale, 0m.22 pour celles adjacentes et 0m.19 pour celles de rive.

(61) Une arche sur la Seine exécutée en vingt-trois jours avec moellons de meulière et mortier composé de parties égales de sable et de ciment de Vassy, et parementée avec ce mortier. Chaque mètre cube de maçonnerie renferme 0mc.34 de sable tamisé et 300 kilogrammes de ciment. En vue d'éviter les fissures sur cintre, on a divisé la voûte en quatre grands voussoirs indépendants, séparés par cinq intervalles vides, dont deux aux naissances, un à la clef et deux intermédiaires ; ces vides étaient occupés par des cadres en charpente ayant la forme de voussoirs de 1 mètre d'épaisseur ; les quatre grandes parties de voûte une fois terminées, on a remplacé les cadres en charpente par de la maçonnerie. On a laissé la voûte cinq mois sur cintre, en vue de permettre un durcissement complet pour les maçonneries des culées, où l'on n'avait pas employé de ciment ; le tassement de la clef au décintrement a été de 0m.02 ; la dépense s'est élevée à 373 133f.59, soit 752f.28 par mètre quarré.

(62) Ancien pont de Londres, remplacé par des travées en métal. 9 arches de 12m.75 de largeur et 12m.19 de hauteur sous clef ; dépense de 4 mllions et demi.

(63) Pont sur le Rhône pour le chemin de fer de Lyon à Genève. Les naissances sont à 8m.27 au-dessus de l'étiage ; les piles ont une épaisseur de 4 mètres au sommet, de 4m.90 à la première retraite

et de 6^m.86 au niveau de la face inférieure des maçonneries qui reposent sur un massif en béton, ayant 8^m.50 de largeur et sa base à environ 7^m.40 au-dessous de l'étiage.

(64) Pont dit de la Boucherie.

(66) Cinq arches égales sur la Seine, fondées sur pilotis, ayant 14 mètres de largeur entre les têtes, et leurs naissances à 6^m.13 au-dessus de l'étiage; les piles ont 3 mètres d'épaisseur. On a mis deux jours à décintrer le pont, et, pendant cette opération, les piles et culées sont restées fixes; mais, par l'effet du resserrement des joints, les voûtes ont suivi les cintres dans le premier moment et se sont arrêtées après un abaissement de 8 ou 9 centimètres. Deux ans après la construction, le tassement total à la clef était de 0^m.15 pour les arches centrales qui avaient été décintrées les premières, et de 0^m.11 pour celles de rive.

(67) Pont sur la Loire pour le chemin de fer du Bourbonnais; 7 arches en arc de cercle reposant sur des piles de 5 mètres de hauteur.

(68) Pont en granit dur; pour diminuer la charge sur les reins de la voûte, on a ménagé des galeries dans les tympans en construisant des murettes parallèles aux têtes et recouvrant le vide avec des dalles.

(70) Trois arches en pierre de taille, reposant sur des piles de 2^m.43 d'épaisseur.

(71) Pont pour le chemin de fer du Nord.

(72) Trois arches sur l'Isère ayant 12 mètres de largeur entre les têtes et reposant sur des piles qui ont une épaisseur de 2^m.80 au sommet, de 3^m.63 à la base, et qui sont fondées sur un massif en béton de 2^m.50 de hauteur; les arches de rive ont 23^m.10 d'ouverture et 3^m.03 de flèche. Le mortier renfermait 2 volumes de sable pour 1 de ciment artificiel Vicat (800 kilog. de ciment par mètre cube), avec addition de 1/4 de volume de chaux hydraulique éteinte. Il ne s'est produit aucun tassement au décintrement, opéré 23 jours après la fermeture des arches; on avait mis les boîtes de sable au sommet de la charpente, 6 boites étant placées entre les vaux et la partie supérieure de chaque ferme. Les bandeaux des têtes sont en pierre de taille, et le reste des voûtes en petits matériaux. Dépense de 354 846^f.18.

(73) Arche contre-butée par une voûte latérale de 11 mètres d'ouverture; l'épaisseur est de 11 mètres pour la pile-culée et de 12^m.76 pour la culée de l'arche latérale. La fondation avait été faite sur caisson et pieux, ces derniers étant recepés à 1^m.50 en contrebas du niveau des plus basses mers. Peu de temps après le décin-

trement, il s'est manifesté pour la pile-culée un mouvement de $0^m.07$, qui a été attribué à la perte de poids provenant des hautes marées et qui a été combattu par un étrésillonnage composé de châssis en bois de chêne coincés entre la base de la culée et celle de la pile-culée, l'intervalle entre les bois étant occupé par un radier en béton de ciment de Guétary. Cet arc-boutement a arrêté les mouvements; le tassement total à la clef a atteint $0^m.20$.

(75) Pont de 5 arches construit sur le Rhône à Lyon; les deux arches de rive ont $21^m.40$ d'ouverture et $2^m.25$ de flèche; les deux arches adjacentes ont $22^m.30$ d'ouverture et $2^m.55$ de flèche; on a profité des fondations d'un ancien pont en pierre. La largeur des fondations des piles est de $3^m.60$ au niveau de l'étiage; elles ont une épaisseur de $2^m.50$ au niveau des naissances, placées à $7^m.33$ au-dessus de l'étiage. La largeur entre les têtes est de $15^m.34$, celle de la chaussée de 8 mètres, et celle de chaque trottoir de $3^m.67$. Les approvisionnements étaient amenés par une machine élévatoire à vapeur sur les deux ponts de service, placés à l'amont et à l'aval, ayant leur tablier à $9^m.60$ au-dessus de l'étiage, et leurs rails intérieurs réglés suivant un écartement de $20^m.45$, égal à la portée de 5 grues qui portaient chacune deux treuils et avaient le dessous de leur pont à 14 mètres au-dessus de l'étiage; la construction a duré 15 mois. Le mortier des piles et voûtes comprenait deux parties de sable pour une partie de ciment de Portland, à prise lente, fabriqué à Grenoble. Les voûtes sont entièrement en pierre de taille; le bandeau saillant, de $0^m.05$ sur les tympans, offre une hauteur de 1 mètre à la clef et $1^m.20$ aux naissances. Pour éviter les disjonctions qui auraient pu se produire dans les maçonneries par le tassement des cintres, on a laissé vides pendant la construction les joints des naissances, qui ont été fichés après la fermeture des voûtes. Le décintrement opéré 40 jours après cette fermeture a produit des tassements à la clef variables, mais ne dépassant pas 1 millimètre et demi. La dépense s'est élevée à 1 191 274 francs, dont 880 000 francs pour les travaux du pont.

(76) Pont pour chemin de fer, de 6 arches semblables, fondées sur gravier avec radier général; la construction est en mortier hydraulique. Le rayon d'extrados des voûtes est de $22^m.08$ dans toute leur étendue; les piles ont $3^m.06$ d'épaisseur au niveau des naissances et un fruit de $1/10^e$; la largeur entre les têtes est de $8^m.20$. La distance entre l'axe du pont et celui de la ligne de pieux jointifs limitant le radier est de $12^m.10$ pour la ligne d'aval et de $7^m.06$ pour celle d'amont. La dépense a été de 800 000 fr., dont 470 000 fr. pour les fondations; elle s'élève à 555 francs par mètre quarré.

(77) Trois arches en pierre de taille reposant sur des piles de 3m.57 d'épaisseur.

(78) Pont construit sur la Meuse, à Sedan, ayant 10 mètres de largeur entre les têtes et 89 mètres de longueur, composé de 3 arches semblables, fondées sur le roc au moyen de massifs en béton de 3m.40 de hauteur; les piles ont 3m.40 de largeur et 4m.80 de hauteur; le mortier était fait avec la chaux de Warcq mélangée d'un dixième de son volume de cendre de Flize. On avait surhaussé de 0m.13 les cintres en prévision des tassements; ils ont atteint sur cintre 0m.071, l'ouverture du joint des naissances à l'extrados étant de 0m.009. Plusieurs épaufrures s'étant manifestées à l'intrados, on évida tous les joints des voussoirs sur environ 0m.07 de profondeur. Le tassement total, tant sur cintre qu'après décintrement, a été de 0m.12 sur la tête d'amont et de 0m.13 sur celle d'aval. La dépense s'est élevée à 300 000 francs.

(79) Cinq arches reposant sur des piles de 2m.50 d'épaisseur.

(80) Pont construit en briques ne s'écrasant que sous une pression de 160 à 200 kilogrammes par mètre quarré. La voûte comprise entre deux arcs concentriques a une épaisseur constante, le rayon d'extrados étant de 22m.15. La surcharge est limitée par un plan incliné passant à 0m.35 au-dessus de l'extrados à la clef, et présentant sur la verticale une inclinaison de 86 degrés.

(81) Trois arches reposant sur des piles de 1m.95 d'épaisseur; le tassement a atteint 0m.20.

(83) Cinq arches pour chemin de fer, reposant sur des piles de 2m.44 d'épaisseur au sommet.

(85) Arche unique dite de l'Union ou Cabin-John, pour conduite d'eau, aux États-Unis d'Amérique, largeur de 5m.60 entre les têtes.

(86) Arche d'essai de 3m.50 de largeur ayant coûté 38 000 francs, et exécutée dans une carrière par le service municipal de Paris; elle est entièrement en pierre de taille. Le mortier pour culées comprend 480 kilogrammes de ciment Portland de Boulogne par mètre cube de sable; le mortier pour la pose des voussoirs a été fabriqué en mélangeant 0mc.80 de sable tamisé avec 600 kilogrammes de ciment. Le décintrement, opéré quatre mois après l'achèvement de la voûte, a produit un tassement à la clef de 0m.018 égal à celui qui s'était manifesté pendant la construction. La surcharge placée sur cette arche représente 672 kilogrammes par mètre quarré, et a produit un abaissement à la clef de 0m.009.

(87) Arche d'essai dont le décintrement, opéré trente jours après la fermeture de la voûte, n'a produit aucun tassement sensible.

(88) Arche unique pour le passage d'une conduite d'eau sur le

Digitized by Google

Cousin, en granit brut avec mortier composé de parties égales de sable et de ciment de Vassy; la largeur entre les têtes est de 1m.60; la culée, de 2m.40 de largeur, est contre-butée par un mur en retour dont l'extrémité se trouve à 16m.82 de distance du pied-droit. Pour moins charger les cintres on a construit d'abord un premier rouleau de voûte de 0m.30 d'épaisseur; il y eut fissure aux naissances. Le décintrement fut tenté quelques jours après l'achèvement des maçonneries; on reconnut que la voûte descendait en comprimant les mortiers des culées; après avoir ainsi observé un tassement de 0m.02 à la clef, on ne reprit que six mois après le décintrement qui s'opéra sans accident. Le mètre cube de maçonnerie a en moyenne consommé 242 kilogrammes de ciment et coûté 33f.29.

(89) Passerelle pour piétons, dans la gare de Milan, ayant 2m.50 de largeur, construite en briques et mortier de ciment de la Méditerranée; l'épaisseur des piles est de 1m.30; le poids est diminué sur les reins par deux voûtes jumelles en plein cintre ayant chacune 0m.80 d'ouverture et leur extrados à la clef à 0m.35 en contrebas de la voie des piétons. L'épaisseur à la clef de 0m.34 comprend briques, enduit et pavage en ciment, l'épaisseur de 0m.28 aux naissances comprend briques et enduit.

On peut voir les dessins des voûtes dans les *Annales des ponts et chaussées*, à l'année 1849, pour le pont n° 23, à l'année 1853, pour les ponts nos 24 et 25, à l'année 1859, pour le pont n° 55, à l'année 1863, pour le pont n° 85, à l'année 1866, pour le pont n° 86, et à l'année 1850, pour le pont n° 88. Il a paru inutile d'indiquer ici les sources auxquelles ont été puisés les renseignements sur les autres ponts; car on s'est contenté de réunir leurs dimensions principales et quelques faits relatifs à leur construction, sans aucune appréciation personnelle.

Digitized by Google

N° 193

NOUVELLE NOTICE

Sur les frais de construction et d'entretien des chemins vicinaux de grande communication.

MM. les agents voyers en chef des départements de Loir-et-Cher et de la Côte-d'Or ont fait paraître dans les *Annales des chemins vicinaux* (n°s 2 et 5 des mois de février et mai 1868), des observations critiques sur la Notice de M. Marchal, ingénieur en chef de la Mayenne, concernant les frais de construction et d'entretien des chemins vicinaux de grande communication et insérée dans les *Annales des ponts et chaussées* (janvier et février 1867, n° 145).

M. Marchal a cru devoir répondre par une nouvelle Notice que nous publions, en la faisant précéder des observations de MM. les agents voyers en chef de Loir-et-Cher et de la Côte-d'Or.

1° OBSERVATIONS

Sur une Notice de M. Marchal, *ingénieur en chef des ponts et chaussées, relative aux frais de construction et d'entretien des chemins vicinaux de grande communication.*

Par M. MAURICE, agent voyer en chef de Loir-et-Cher.

Il a paru, dans les *Annales des ponts et chaussées*, année 1867, une Notice de M. Marchal, ingénieur en chef des ponts et chaussées de la Mayenne, *sur les frais de construction et d'entretien des chemins vicinaux de grande commu-*

nication, dans laquelle l'auteur a cherché à établir que les travaux de construction et d'entretien de ces chemins étaient plus dispendieux dans les départements où les *agents voyers* dirigeaient le service, que dans les départements où le service était confié aux *ingénieurs*.

Les résultats sont déduits de la comparaison des dépenses faites dans un groupe de *quinze* départements de l'Ouest, compris entre la Seine et la Loire, groupe dans lequel se trouvent *trois* départements où le service des chemins de grande communication est confié à des ingénieurs, et *douze* où ce service est dirigé par des agents voyers (*).

D'après ces résultats, les prix de revient par mètre courant seraient moyennement :

1° Pour les travaux de construction,

	fr.		fr.
Avec les ingénieurs. . . .	5.44	différence.	1.76
Avec les agents voyers. .	7.20		

2° Pour les travaux d'entretien,

	fr.		fr.
Avec les ingénieurs. . .	0.278	différence.	0.037
Avec les agents voyers. .	0.315		

De plus les dépenses du personnel seraient, en moyenne, annuellement :

	fr.		fr.
Avec les ingénieurs. .	52 633.00	différence.	17 088.00
Avec les agents voyers.	69 721.00		

d'où cette conclusion :

Dépense plus grande en personnel pour des résultats plus dispendieux sans être meilleurs, et l'auteur de la Notice termine ainsi :

(*) Ces départements sont : *Côtes-du-Nord*, *Eure-et-Loir* et *Mayenne*, dans lesquels le service est fait par les ingénieurs ; et *Calvados*, *Eure*, *Finistère*, *Ille-et-Vilaine*, *Loir-et-Cher*, *Loire-Inférieure*, *Manche*, *Maine-et-Loire*, *Morbihan*, *Orne*, *Sarthe*, *Seine-et-Oise*, dans lesquels le service est fait par des agents voyers.

Digitized by Google

« Nous souhaiterions qu'un semblable travail compara-
« tif fût fait pour la France entière : il conduirait à des
« résultats absolument identiques ; mais alors ce n'est plus
« par dizaines, mais bien par centaines de millions que
« se chiffrera la perte causée par la fausse mesure qui a
« fait abandonner le concours d'hommes instruits, dévoués,
« animés au suprême degré de l'amour du bien public. »

Ces assertions sont-elles basées sur des preuves certaines, comme l'affirme l'auteur de la Notice?

Nous ne le pensons pas, et, disons-le de suite, M. l'ingénieur en chef de la Mayenne a donné à cette question une physionomie toute nouvelle qu'elle n'a pas et ne peut pas avoir.

Sa critique est empreinte de trop de partialité pour s'imposer à l'opinion publique, et tous les chiffres qu'il a groupés dans sa Notice, si authentiques ou si énormes qu'ils soient, ne surprendront la bonne foi de personne.

Comment admettre, en effet, que la *fausse mesure* de préférer, pour le service des chemins de grande communication, les agents voyers aux ingénieurs, puisse se traduire, pour les départements, par des pertes de *centaines de millions ?*

Les conseils généraux seraient-ils coupables d'un pareil aveuglement, et les révélations de M. l'ingénieur en chef viendraient-elles mettre en évidence, non-seulement l'incapacité des agents voyers, mais encore l'incurie et l'imprévoyance de nos assemblées départementales dans le bon emploi des deniers publics?

Pour affirmer un fait aussi grave et aussi considérable, il faudrait que, indépendamment de l'autorité de son nom, l'auteur de la Notice apportât des pièces de conviction irrécusables.

Il ne le peut pas, et il est facile de démontrer que toute son argumentation pousse au vide.

Digitized by Google

Aussi, nous ne vérifierons ni ne discuterons chacun des prix de revient des travaux de construction et d'entretien donnés par M. Marchal, parce qu'ils ne peuvent rien signifier tant qu'on ne fait pas entrer en ligne de compte :

1° La valeur des journées de prestation acquittées en nature, dont les prix sont toujours inférieurs à ceux des journées salariées, mais dans des rapports très-différents pour les divers départements;

2° Les prix de la main-d'œuvre et des matériaux, si variables d'un département à un autre ;

3° Le cube et la nature des terrassements par mètre courant;

4° L'épaisseur et la largeur des chaussées, etc., etc.

Ainsi, par exemple, si, dans la Mayenne, la journée du prestataire n'est tarifée qu'à 0f.80, lorsque dans le Loir-et-Cher elle l'est à 1f.45, le prix de revient du travail de ces prestataires sera évidemment moins élevé dans la Mayenne que dans le Loir-et-Cher, et, néanmoins, il ne sera pas vrai de dire que les agents voyers de Loir-et-Cher font les travaux plus chèrement que les ingénieurs de la Mayenne.

C'est cette différence essentielle, produite par la spécialité des ressources de la vicinalité, et dont la Notice ne parle pas, qui enlève aux chiffres produits par M. l'ingénieur en chef toute leur signification.

Or, il résulte des renseignements fournis par le dernier rapport quinquennal, que la valeur moyenne des journées de prestation le plus utilement employées sur les chemins vicinaux, savoir :

La journée d'homme,
— de cheval,
— de voitures à deux roues,

comparée avec la valeur moyenne des journées salariées de même espèce, donne, comme résultats, pour la France entière :

		fr.
Valeur de la journée de prestation d'après les tarifs.		1.28
Id. de la journée salariée.		2.23

et pour les départements considérés dans la Notice :

		fr.
1° Dans ceux où le service est fait par les ingénieurs.	Journée de prestation. . .	1.016
	— salariée. . . .	2.226
2° Dans ceux où le service est fait par les agents voyers. . .	Journée de prestation. . .	1.29
	Id salariée. . . .	2.25

Par conséquent, le prix moyen des journées salariées est à peu près identique, tandis que le prix moyen des journées de prestation correspondantes varie dans d'assez grandes proportions, et il est facile de trouver dans ces variations une des causes de la différence des résultats constatés dans la Notice. En effet :

1° Dans la Mayenne, la prestation ne vaut que 0f.80 ;

Elle vaut 1f.28, moyennement, dans toute la France;

Donc, la dépense, dans la Mayenne, est moins élevée que la dépense moyenne de tous les autres départements.

2° Dans les trois départements où le service est fait par les ingénieurs, la prestation ne vaut que 1f.016 ;

Elle vaut 1f.29 dans les départements où le service est fait par les agents voyers ;

Donc, la dépense moyenne, dans les trois premiers départements, est moins élevée que dans les douze autres.

Sans doute, ces résultats doivent se modifier au contact de circonstances dont il est impossible de tenir compte, mais ils montrent l'erreur matérielle qui entache chacun des chiffres de la Notice ; ils dévoilent ou l'ignorance des choses, ou l'artifice d'une évaluation sciemment exagérée, et, si on nous fait l'objection bien naturelle que les travaux ne sont pas entièrement exécutés avec des prestations en nature, nous n'en serons pas moins fondé à dire que cet élément de dépense, quelle que soit sa proportion, n'a pas

été indiqué avec sa valeur effective, et que, par conséquent, les prix de construction et d'entretien qu'on a fait ressortir, n'ont aucune signification au point de vue de la comparaison des prix de revient dans les divers départements qu'on a considérés.

Ainsi, encore, les prix de construction et d'entretien de Seine-et-Oise étant les plus élevés de ceux des *quinze* départements comparés par M. Marchal, faut-il en conclure, avec cet ingénieur, que les agents voyers de Seine-et-Oise exécutent les travaux plus chèrement que les ingénieurs de la Mayenne ?

Non, certainement, car personne n'ignore que les prix de la main-d'œuvre et des matériaux de Seine-et-Oise atteignent presque ceux du département de la Seine, qui en forme le centre (*).

Ces exemples suffisent pour démontrer que les prix de revient des travaux de la vicinalité, tels qu'ils sont donnés par M. Marchal, n'ont entre eux aucune corrélation et ne sont pas comparables ; ils n'indiquent que la *dépense*, par mètre courant, faite dans chaque département, et cette dépense, soumise d'abord aux variations résultant des difficultés plus ou moins grandes des travaux, peut encore varier en plus ou en moins, suivant que le taux des journées de prestation se rapproche ou s'écarte de la valeur des journées salariées.

Ce principe est trop élémentaire pour avoir besoin de développement; c'est pour l'avoir ignoré ou méconnu, que M. l'ingénieur en chef de la Mayenne a commis l'erreur de fournir, à l'appui de son dire contre les agents voyers, des preuves qui ne prouvent rien.

(*) Dans le rapport quinquennal de 1857 à 1861, le prix du mètre cube de cailloux est porté à 4f.06 pour la Mayenne, et à 6f.59 pour Seine-et-Oise.

D'ailleurs, et en dehors des corrections qui précèdent, pourquoi les agents voyers dépenseraient-ils plus que les ingénieurs pour la construction ou pour l'entretien des chemins vicinaux de grande communication, dans un même département ?

N'auraient-ils pas les mêmes mains-d'œuvre à payer, les mêmes matériaux à fournir et en même quantité ?

Or, les agents voyers représentent, par excellence, la solution de toutes les questions de la vicinalité.

Il n'y a pas de localité, ni bourg, ni village, ni château, ni ferme, où ils ne soient connus et bien accueillis.

On les apprécie pour les nombreux services qu'ils rendent partout, autant que pour leur empressement à se rendre partout utiles, et on les consulte pour le chemin de desserte, pour l'allée du jardin, pour le sentier de la ferme, en leur demandant, pour l'œuvre particulière, les méthodes simples et économiques qu'ils appliquent à l'œuvre publique.

Cette popularité et ces relations constituent un ensemble de forces immense que ne donneront jamais ni le prestige ni les prérogatives du fonctionnaire de l'État.

Aussi, par leur activité, par leur esprit de conciliation, par leur influence morale, les agents voyers arrivent-ils à des résultats tout à fait inespérés; ils dirigent, avec les maires, l'emploi des prestations, et amènent les contribuables à transformer leurs journées infructueuses en tâches productives.

Ils se mettent directement en rapport avec les propriétaires, les fournisseurs et les ouvriers, ici, pour obtenir des cessions gratuites de terrain, là, pour débattre les indemnités de carrière, les prix d'extraction et de transport, etc., et ils parviennent toujours à établir des prix et à exécuter les travaux à des conditions qui sont la dernière expression du bon marché.

Et si, dans la construction, leurs terrasses sont moins

bien nivelées, leurs ouvrages d'art moins élégants de forme et de structure; si, pour l'entretien, ils sont moins exigeants dans l'uniformité du cassage des matériaux, plus tolérants sur *les qualités physiques* des cantonniers et ouvriers auxiliaires (*), ne peut-on pas affirmer à l'avance que les agents voyers construiront et entretiendront moins chèrement que les ingénieurs?

Cette affirmation n'a pas besoin de preuves; c'est la raison qui parle, et, bien que les travaux des agents voyers n'atteignent pas à une perfection aussi complète que ceux des ingénieurs, il y a, au point de vue de la viabilité, une si petite différence entre ce qui est bien et ce qui est luxueux, et, au point de vue de la dépense, une si grande disproportion entre la simplicité vicinale et la splendeur des ponts et chaussées, qu'on ne peut pas blâmer les agents voyers de rester fidèles à des errements qui n'imposent aux communes et aux départements que des sacrifices mesurés aux besoins.

Quant aux dépenses du personnel indiquées dans la Notice, nous ne comprenons pas bien la signification du rapprochement qui est fait; l'intention, assurément, est mauvaise, mais elle n'a aucune portée, car on sait bien que les ingénieurs chargés du service vicinal reçoivent une indemnité au lieu d'un traitement, et, bien que cette rétribution supplémentaire s'élève pour quelques-uns à 5 000 francs,

---

(*) Le problème de l'entretien des chaussées d'empierrement est un des plus difficiles à résoudre, malgré sa simplicité apparente. Il suffira, pour faire comprendre sa difficulté, d'énoncer les différents éléments qui entrent en proportions variables dans sa solution. Ce sont: la fréquentation, la saison où s'opère la grande circulation, le poids des chargements, la nature du sous-sol, la quantité des matériaux, l'exposition, l'inclinaison, le prix des matériaux, les prix de main-d'œuvre et les qualités physiques des cantonniers et ouvriers auxiliaires. (Notice de M. MARCHAL.)

Digitized by Google

les émoluments perçus par le personnel des ponts et chaussées sur les fonds de la vicinalité, ne constituent jamais que des indemnités qui ne peuvent pas être comparées avec des traitements proprement dits.

La comparaison ne serait possible que s'il était tenu compte, à la fois, des sommes émargées par les ingénieurs, comme ingénieurs et comme agents voyers, c'est-à-dire, en ajoutant les indemnités qu'il reçoivent pour le service vicinal, au traitement qui leur est affecté pour le service des ponts et chaussées, et alors la différence en moins serait certainement acquise au personnel des agents voyers.

Et il importe de remarquer, qu'en général, dans les départements où le montant total des traitements du personnel vicinal est le plus faible, soit que le service s'y trouve confié aux ingénieurs, soit qu'il appartienne aux agents voyers, ce personnel est insuffisant pour la direction des travaux des chemins vicinaux *ordinaires*, ce qui s'oppose encore à ce qu'on puisse tirer aucune conséquence de la comparaison des traitements dans les divers départements.

Disons enfin que la question des traitements n'est que très-secondaire, puisqu'ils n'atteignent pas 5 p. 100 du montant des ressources annuelles, et que la grande raison qui fait et fera généralement préférer les agents voyers aux ingénieurs, pour la direction du service des chemins vicinaux, c'est que les premiers dépendant des préfets et des conseils généraux, seront toujours les organes et les auxiliaires naturels des autorités locales, caractère que ne pourront jamais acquérir les ingénieurs par cela seul qu'ils relèvent directement du Ministère des travaux publics.

Nous arrêterons là notre réponse..... C'est la réponse des faits..... Elle prouve que les raisons qu'on cherchait à opposer à l'institution des agents voyers et à leurs services, viennent se heurter contre les vérités les plus vulgaires.

Digitized by Google

Nous laissons à la prudence de l'administration et au bon sens des populations elles-mêmes, le soin de discerner et d'apprécier la portée et la signification de la Notice de M. Marchal, Notice que les agents voyers liront, non pas sans regret, mais sans inquiétude, parce que la préférence dont ils ont été l'objet en 1866, était une faveur légitime et nécessaire, et que les conseils généraux n'ont pas besoin qu'on leur dise quels sont les hommes dont les services sont le plus directement utiles aux intérêts à desservir.

En terminant, nous rendrons hommage au talent et au savoir de MM. les ingénieurs ; nous dirons que les agents voyers ne sauraient avoir la prétention de vouloir les égaler dans leurs hautes conceptions; mais nous demanderons à M. l'ingénieur en chef de la Mayenne si, pour n'être qu'un humble et modeste agent voyer, on est moins capable de dévouement et moins animé de l'amour du bien public qu'un ingénieur des ponts et chaussées.

2° LETTRE

De M. Liénard, *agent voyer en chef de la Côte-d'Or,*
A M. Maurice, *agent voyer en chef de Loir-et-Cher.*

Monsieur et cher collègue,

Ce n'est qu'aujourd'hui que je lis dans les *Annales des chemins vicinaux* votre réponse au factum de l'ingénieur en chef de la Mayenne. Je vous félicite de cette initiative et vous prie d'accepter, comme témoignage de solidarité, les quelques observations que je vais vous faire à ce sujet.

Les démonstrations théoriques ou raisonnées, si je puis m'expliquer ainsi, sont suffisantes pour les hommes du métier et pour un certain nombre d'esprits, mais elles ne

Digitized by Google

le sont pas pour le commun des martyrs. A ceux-ci il faut des raisonnements chiffrés. Je sais bien que ce n'est pas toujours facile à faire, et, pour le cas particulier, il n'y a peut-être que le département de la Côte-d'Or qui offre des éléments de comparaison vrais entre ce qu'ont fait les ingénieurs et ce qu'ont fait les agents voyers.

Au début de la loi de 1836, les ingénieurs de la Côte-d'Or ont été chargés de construire les premiers chemins de grande communication du département. De 1849 à 1852, mon prédécesseur s'était laissé amoindrir, et MM. les ingénieurs avaient repris pied dans son service; mais cette situation n'a duré que le temps de construire 20 à 25 kilomètres de chemins de grande communication. Nous avons donc, à deux époques différentes, le prix coûtant d'un mètre courant de chemin de grande communication construit par les ingénieurs, et le prix coûtant d'un mètre courant de même chemin construit par les agents voyers.

Or, il résulte d'un relevé fait au mois d'août 1864, alors que, sur ma demande, tous les ingénieurs en résidence à Dijon étaient réunis en commission pour examiner divers projets de chemins vicinaux, que les chemins de grande communication construits par les ingénieurs, soit au début de la loi de 1836, soit de 1850 à 1855, ont coûté, en moyenne, 11f. 50 le mètre courant, et que ceux construits par les agents voyers n'ont coûté que 8 francs et quelques centimes.

Il est bien entendu que la comparaison porte sur des travaux similaires, sans quoi elle serait fausse.

C'est ainsi qu'eût procédé M. l'ingénieur en chef de la Mayenne, s'il se fût inspiré du moindre désir de rester dans le vrai; mais son seul et unique but était de faire croire qu'il y aurait avantage à confier le service vicinal aux ingénieurs. Déjà deux ou trois conseils généraux s'y sont laissé prendre; espérons que leur illusion ne sera pas de longue durée. Voici d'ailleurs encore quelques renseigne-

Digitized by Google

ments puisés dans des documents authentiques qui pourront leur servir d'enseignement, et qui, en même temps, prouvent que M. l'ingénieur en chef de la Mayenne s'est placé à un diapason beaucoup trop élevé.

Dans mon rapport annuel de 1861, dont j'ai envoyé un exemplaire à chacun de mes collègues des départements, j'ai passé en revue les avantages et les inconvénients de la loi de 1836; j'ai examiné tout ce qui s'est dit et fait à propos de l'article 11, base de la formation du personnel des agents voyers, et j'ai été amené tout naturellement à parler d'une brochure publiée par M. de Grétry, ancien élève de l'École polytechnique et membre du conseil général du Loiret, ayant le même but que le factum de la Mayenne. Au risque d'être un peu long, je vais vous répéter ce que j'ai dit :

« Reste à voir maintenant si les intérêts départementaux « et communaux seraient mieux servis dans le cas où « MM. les ingénieurs et autres agents des ponts et chaussées « seraient substitués aux agents voyers.

« Un honorable membre du conseil général du Loiret, « M. de Grétry, ancien élève de l'École polytechnique, s'est « donné et se donne encore de temps en temps beaucoup « de mouvement pour prouver qu'il y aurait avantage « à faire cette substitution; mais, outre qu'il n'a rien « prouvé jusqu'à présent, ses appréciations ne sont pas « toujours exemptes de partialité et ses calculs de pro- « fondes erreurs. On voit qu'il est dominé par ce qu'on « peut appeler un esprit d'école qui, tout honorable qu'il « soit, le conduit, sans qu'il s'en doute, à côté de la vérité. « Toutefois, il faut lui rendre cette justice qu'il ne va pas « jusqu'à demander la suppression complète du corps des « agents voyers; il propose seulement sa *fusion* avec le « personnel des ponts et chaussées.

« ..... Sortis de la première école du monde, MM. les « ingénieurs des ponts et chaussées sont, à juste titre, une

« de nos gloires nationales. Vouloir les faire descendre de « leur piédestal, d'où ils planent au-dessus des conduc- « teurs, piqueurs et autres, pour aller discuter avec des « prestataires la valeur d'un bout de fossé ou d'un tas de « pierres, ce serait le comble du ridicule. C'est bien assez « qu'un certain nombre d'entre eux soient condamnés à « faire ce maigre métier en ce qui concerne des routes sur « lesquelles personne ne circule. D'ailleurs l'expérience de « la direction du service vicinal par les ingénieurs est « faite, et, comme si elle n'était pas assez concluante, on « la poursuit encore dans 12 ou 13 départements. Or, « voyons ce qu'elle nous apprend ; car, si la logique des « faits est la plus puissante de toutes les logiques, les chif- « fres ont une éloquence quelquefois plus grande et plus « impitoyable que les raisonnements les mieux agencés.

« Dans son rapport à l'Empereur sur la période quin- « quennale (1851-1856), M. le Ministre de l'Intérieur signale « 24 départements où le service des chemins est arrivé à « un degré de perfection et d'avancement digne des plus « grands éloges. Or, parmi ces 24 départements, combien « en trouve-t-on des 12 ou 13 où ce service est confié au « personnel des ponts et chaussées ? *Un*. Après cette pre- « mière catégorie de 24, qui tient la tête du progrès, il en « vient une autre qui est à un degré inférieur ; elle com- « prend 4 départements. Combien en contient-elle des 12 « ou 13 ci-dessus ? *Un*. Voilà deux unités qui ne me parais- « sent renfermer ni la *fusion*, ni la suppression des agents « voyers. M. de Grétry et tous ceux qui partagent sa ma- « nière de voir feront bien de méditer sur leur valeur, sauf « à en tirer telle conséquence qu'il leur plaira. »

Depuis que ces observations sont écrites, la marche du service ne s'est pas ralentie, le rapport ministériel sur la période (1857-1861), le constate. Ainsi, on voit à la page 6 que 21 départements, « par les améliorations qu'ils ont « apportées dans le service, ont mérité d'être ajoutés à le

Digitized by Google

« nomenclature des 24 signalés dans le rapport précédent.» Or, le département de la Mayenne ne figure pas dans ces 21, il fait seulement partie des 24 suivants qui, « sans « avoir réalisé autant de progrès, m'ont paru, dit le Mi- « nistre, mériter d'être cités en raison des efforts qu'ils « ont faits pour donner les mêmes soins aux chemins des « trois catégories. »

A la page 47 du même rapport, Son Excellence s'exprime ainsi :

« Le réseau des grandes lignes vicinales est achevé « dans 6 départements. Il sera terminé d'ici un an dans 3. « Deux ans suffiront pour arriver au même but dans 13 « départements. Dans 10, il faudra trois ans. Dans 3 il « faudra quatre ans. Dans 9 il faudra cinq ans et dans 8 il « faudra six ans. Ces 8 sont : la Gironde, le Jura, le Loiret, « *la Mayenne*, le Morbihan, etc., etc. » Voilà donc encore la Mayenne dans les derniers départements où les chemins de grande communication seront achevés. M. l'ingénieur en chef est décidément dans un mauvais courant. — Enfin, à la page 49, M. le Ministre dit : « Il y a 76 départements « où le service vicinal est exclusivement dirigé par les agents « voyers sous l'autorité des préfets. Ce nombre pourrait « même être porté à 80, si l'on considère que, dans 4 dé- « partements, les agents voyers sont chargés des travaux « sous la direction de l'ingénieur en chef seul. »

« L'expérience a démontré que la mesure la plus utile « pour assurer le bon emploi des ressources consistait à « centraliser le service de chaque département entre les « mains d'un agent voyer en chef, ayant sous ses ordres « des agents voyers d'arrondissement et des agents voyers « de canton ou de circonscription. Ce système est actuelle- « ment en vigueur dans tous les départements. »

De tout ce qne je viens de dire et de citer, il résulte :

1° Qu'en 1856 le département de la Mayenne n'était pas dans les 24 signalés par M. le Ministre de l'Intérieur

Digitized by Google

comme tenant la tête du progrès des améliorations vicinales, bien que le service fût confié aux ingénieurs;

2° Qu'en 1861 il n'était ni dans les 24 précédents, ni dans les 21 que M. le Ministre considérait comme étant parvenus au même degré de perfectionnement que les premiers; mais qu'il figure seulement dans les 24 suivants qui, depuis dix ans, cherchent à rattrapper les autres;

3° Qu'en ce qui concerne spécialement les chemins de grande communication, ce même département sera un des derniers à achever ces lignes, bien que, cependant, elles soient de première utilité;

4° Que, dans l'opinion du Ministre de l'Intérieur, c'est-à-dire de l'homme le mieux placé, le plus compétent pour juger avec connaissance de cause et impartialité l'organisation d'un service comme celui dont il s'agit, *« la mesure « la plus utile pour assurer le bon emploi des ressources, « consiste à centraliser le service de chaque département entre « les mains d'un agent voyer en chef, ayant sous ses ordres « des agents voyers d'arrondissement et des agents voyers de « canton ou de circonscription. »*

En présence d'une opinion aussi catégorique et dans la situation où se trouve le département de la Mayenne, que deviennent et que valent les calculs ainsi que les inqualifiables prétentions de M. l'ingénieur en chef de ce département? Pour émettre de semblables prétentions, il faudrait au moins avoir l'autorité que donnent les progrès réalisés; sans quoi on s'expose à n'être pas pris au sérieux.

Si j'avais l'honneur d'être membre du conseil général de la Mayenne, je proposerais à mes collègues de laisser M. Marchal à ses routes et de demander au Préfet la réorganisation du service vicinal sur les bases indiquées si sagement par M. le Ministre de l'Intérieur. Je crois que je parviendrais facilement à leur faire comprendre que tout cet amas de chiffres, de calculs et de raisonnements plus ou moins spécieux, ne sont qu'une fantasmagorie de forme qui

cache la pauvreté du fond, mais dont le but envahissant n'est pas assez dissimulé.

Peut-être le rapport sur la période de (1862-1866) constatera-t-il un changement de position dans la Mayenne; c'est ce que nous verrons. Dans tous les cas, si avantageux que soit ce changement, il ne détruira pas les erreurs de comparaison commises par M. l'ingénieur en chef, ni l'énormité de ses prétentions.

Recevez, monsieur et cher collègue, l'expression de mes bons sentiments.

L'agent voyer en chef de la Côte-d'Or,
LIÉNARD.

P. S. Au moment de vous expédier cette lettre, je reçois le volume des documents sur les chemins vicinaux que M. le Ministre de l'Intérieur vient de faire publier. J'y vois qu'aujourd'hui les voies vicinales de la Mayenne sont aussi avancées que dans la plupart des départements qui tiennent la tête du progrès. Mais ce changement de situation, si honorable qu'il soit, ne détruit aucune des erreurs de comparaison commises par M. l'ingénieur en chef; car on remarque, à la page 319 du même volume, que, dans la Mayenne, les prix du tarif de conversion des journées de prestation en argent n'ont aucun rapport avec les prix des journées salariées, tandis que dans Loir-et-Cher, par exemple, ces prix se rapprochent sensiblement des journées salariées. Or, si dans chacun de ces départements on fait exécuter, à la journée, des prestations pour construire 25 mètres de chemins, le travail représentera, dans la Mayenne, une cote de 30 francs, et dans Loir-et-Cher une cote de 75 francs. Dans ce cas, l'ingénieur en chef du premier de ces départements prétendra qu'il construit les chemins à 1f.20 le mètre courant, tandis que l'agent voyer en chef de Loir-et-Cher les construit au prix de 3 francs le mètre. Voilà, mon cher collègue, la logique sur laquelle roulent tous les calculs

Digitized by Google

de M. l'ingénieur en chef Marchal. Si j'avais le temps, je pousserais mon analyse plus loin, et je vous assure que j'y trouverais de quoi édifier les conseils généraux qui se sont laissé prendre à la glu de cet ingénieur.

3° RÉPONSE

Aux Observations critiques qui précèdent, par M. MARCHAL, *ingénieur en chef.*

Les *Annales des chemins vicinaux* ont reproduit (*) la Notice que nous avons publiée dans les *Annales des ponts et chaussées*, sur les frais de construction et d'entretien des chemins vicinaux de grande communication. Cette reproduction est accompagnée d'observations critiques de M. Maurice, agent voyer en chef du département de Loir-et-Cher. Le n° 5 du même recueil contient une lettre, sur le même sujet, de M. Liénard, agent voyer en chef du département de la Côte-d'Or.

Nous allons répondre, aussi brièvement que possible, à cette double attaque, en laissant de côté, bien entendu, les personnalités indignes de la gravité du sujet.

MM. Maurice et Liénard paraissent avoir oublié à quelle occasion a été rédigée notre Notice.

Le corps des ponts et chaussées avait été l'objet, en plusieurs circonstances, d'attaques aussi vives qu'injustes. On adressait aux ingénieurs un des plus graves reproches qui puissent être faits à des constructeurs, celui de ne pas proportionner les dépenses à l'utilité du travail. Il était en quelque sorte admis, comme axiome, que les ingénieurs ne savaient pas exécuter économiquement les ouvrages mo-

(*) Année 1868, n° 2.

Digitized by Google

destes qui exigent avant tout une grande modération dans les prix de revient. Nous avons consulté les documents officiels, et, d'après eux, nous sommes arrivé à prouver que l'assertion n'est pas fondée. Nous étions donc simplement dans le cas de légitime défense. Nous avons cru qu'il était de notre devoir de combattre une erreur funeste à la fois au pays et au corps des ponts et chaussées.

M. Maurice prétend que les chiffres cités dans notre Notice, chiffres qu'il ne veut d'ailleurs, dit-il, *ni vérifier ni discuter* (sic), ne peuvent rien signifier, parce qu'on n'a pas fait entrer en ligne de compte :

1° « La valeur des journées de prestation acquittées en « nature, dont les prix sont toujours inférieurs à ceux des « journées salariées, mais dans des proportions différentes;

2° « Les prix de la main-d'œuvre et des matériaux, si « variables d'un département à un autre;

3° « Le cube et la nature des terrassements par mètre « courant;

4° « L'épaisseur et la largeur des chaussées. »

En quoi les 1°, 2°, 3°, 4° de M. Maurice annulent-ils, nous ne dirons pas nos chiffres, car on se garde bien d'en contester l'exactitude, mais les conséquences de ces chiffres?

1° Nous pourrions répondre en bloc, comme on attaque en bloc, en disant qu'ayant donné des moyennes résultant des faits constatés dans 15 départements, les différences des prix de rachat des prestations, des prix de main-d'œuvre, de matériaux, d'épaisseur et de largeur des chaussées, etc., etc., sont aussi défavorables aux départements dont la vicinalité est placée sous la direction des ingénieurs, qu'à ceux dont la vicinalité est confiée aux agents voyers; mais MM. Maurice et Liénard se font une arme du taux de rachat de la journée de prestation dans le département de la Mayenne, taux qui n'est que de 0f.80. Or les documents officiels montrent, et, nous le répétons, que

Digitized by Google

toutes les prestations des chemins vicinaux de grande communication sont rachetées dans le département de la Mayenne, en sorte que nous sommes obligé de payer aux prix de 1f.50, 1f.75, 2 et même 3 francs, des journées qui, si elles eussent été faites en nature, auraient produit une somme de travail réel bien supérieure aux prix de rachat, ce qui constitue une situation très-défavorable. Il n'eût pas été difficile, avec une surveillance suffisante, telle qu'elle est organisée pour les emplois de journées en régie ou pour la conversion en tâches, d'obtenir des prestataires une quantité réelle de travail équivalente au prix de 1f.45, cité comme prix de rachat dans le département de Loir-et-Cher, ce qui aurait notablement fait baisser le prix de revient des travaux. L'argument sur lequel MM. Maurice et Liénard fondent ce qu'ils appellent leur réfutation, tourne donc contre eux.

2° Les prix des matériaux sont certainement très-variables d'un département à un autre. M. Maurice cite le prix de 6f.52 dans le département de Seine-et-Oise; mais nous lui citerons aussi (*) dans le même groupe de départements, les prix de 3f.28 (Eure), 3f.56 (Calvados), 4 francs (Finistère), inférieurs au prix moyen (4f.17) des départements placés sous la direction des ingénieurs.

3° Le cube et la nature des terrassements.

Nous croyions avoir prévenu cette objection en faisant remarquer, dans notre Notice, que les trois départements de l'Ouest, où le service vicinal est confié aux ingénieurs, sont précisément de ceux qui présentent le plus d'ondulations, et qui, sans être absolument montagneux, sont loin de ressembler aux vastes plaines de la Sologne, de la basse

(*) Tous ces prix, comme les chiffres cités dans la Notice, sont ceux qui résultent du rapport officiel de 1863. Depuis lors, les prix des matériaux et ceux des mains-d'œuvre ont partout notablement augmenté.

Digitized by

Loire et de la basse Seine; mais puisqu'on insiste sur ce point, nous allons préciser davantage.

Dans le groupe des départements confiés aux agents voyers, le cube moyen des terrassements par mètre courant s'élève à $4^{mc}.02$. Dans le groupe des départements confiés aux ingénieurs, il n'est que de $3^{mc}.17$.

Que conclure de ces deux chiffres? si ce n'est que les ingénieurs, par le soin qu'ils ont apporté à l'étude des tracés, ont su éviter de trop fortes tranchées et sont arrivés à tracer des chemins d'un parcours aussi facile et avec moins de mouvements de terre, dans des contrées aussi difficiles pour le moins que celles qui sont confiées aux agents voyers.

Nous n'avons jamais voulu prouver autre chose.

4° Enfin, l'épaisseur et la largeur des chaussées.

Dans le groupe des départements où le service est confié aux ingénieurs, la largeur moyenne des chaussées est de $3^{m}.87$, et l'épaisseur des chaussées $0^{m}.16$.

Dans le groupe des départements confiés aux agents voyers, la largeur des chaussées est de $3^{m}.83$ et leur épaisseur $0^{m}.175$.

Le cube des matériaux, par mètre courant de chaussée, est, pour les premiers, $0^{mc}.62$, et pour les seconds, $0^{mc}.67$. Ce ne sont certainement pas ces différences qui peuvent expliquer la différence de $1^{f}.76$ dans le coût moyen du mètre courant.

M. Maurice se demande ensuite pourquoi les agents voyers dépenseraient plus que ne le font les ingénieurs?

Nous demanderons, à notre tour : pourquoi les ingénieurs dépenseraient-ils plus que les agents voyers?

Or, qu'on n'oublie pas que le point de départ de toute cette discussion est précisément l'assertion, complétement inexacte, que les ingénieurs ne savaient pas construire avec économie.

Si les ingénieurs, aidés des conducteurs si zélés, si dévoués, joignant une instruction théorique assez élevée à une longue et saine pratique, ne conformaient pas leurs mé-

Digitized by Google

thodes de construction aux exigences de chaque nature de travail, ils seraient incomplets ; et, Dieu merci ! il n'en est rien. Partout et à toute époque ils se sont montrés à la hauteur de leur tâche.

M. Maurice reconnaît, et nous retenons cet aveu tout spontané, que les terrassements acceptés par les agents voyers sont moins soignés, et les pierres reçues pour l'entretien des chaussées moins bien cassées qu'on ne l'exige dans le service des ponts et chaussées.

M. Maurice croit-il que ce soit pour le plaisir d'imposer un travail inutile aux entrepreneurs et à leurs ouvriers, que le service des ponts et chaussées exige des matériaux cassés à une certaine grosseur? C'est qu'une longue expérience et la pratique de chaque jour prouvent que, pour avoir des chaussées bonnes et durables, il faut en exclure les matériaux trop gros et trop petits. Si les ingénieurs tiennent si strictement la main à un bon cassage des matériaux d'empierrement, s'ils n'hésitent pas à descendre du *piédestal* où M. Liénard les croit rivés, pour compter et vérifier *eux-mêmes* les matériaux fournis par les entrepreneurs, c'est qu'ils savent combien ce soin est important, et que des chaussées entretenues avec des matériaux trop inégaux s'usent plus vite et sont d'un parcours plus difficile que celles qui sont entretenues avec des matériaux de grosseur à peu près uniforme.

Ainsi M. Maurice convient lui-même que les ingénieurs font mieux que les agents voyers; nous croyons avoir prouvé qu'ils font moins chèrement. Les conclusions de notre Notice sont donc confirmées par notre contradicteur.

M. Maurice aborde ensuite la question des frais du personnel, et il croit voir une « *intention mauvaise* » dans le rapprochement que nous avons fait des dépenses dans les deux hypothèses.

Nous protestons contre toute mauvaise intention. Nous ne prétendons pas que les agents voyers soient trop rému-

nérés ; nous inclinerions plutôt à penser que leurs appointements sont trop modiques, et certainement la mise à exécution de la loi récemment votée par le Corps législatif nécessitera, dans tous les départements ayant un service spécial d'agents voyers, une augmentation notable du personnel : mais, comparant les frais d'un service vicinal dirigé par les ingénieurs et les conducteurs, avec les frais du même service dirigé par des agents voyers, nous avons dû constater que la dépense est moindre dans le premier cas que dans le second.

Dans le premier cas, le département n'a à allouer au personnel des ponts et chaussées que des indemnités qui suffisent à rémunérer la part de temps et de travail consacrée au service vicinal. Dans le second cas, il faut qu'il pourvoie seul, avec ses fonds, aux conditions d'existence d'un personnel qui, pour être bon, doit être convenablement payé, et qui doit être nombreux pour suffire à sa tâche.

Nous avons donc constaté un fait évident.

Prenons un exemple :

Dans un département comme celui de la Mayenne, composé de 27 cantons, répartis entre trois arrondissements, on pourra, en fusionnant le personnel des ponts et chaussées avec celui de la vicinalité, préposer un conducteur ou agent voyer à la viabilité de toute nature dans chaque canton, conserver auprès des ingénieurs ordinaires et de l'ingénieur en chef un personnel suffisant et ne prélever pour traitements, honoraires et gratifications que 43 500 francs sur les fonds de la vicinalité.

Pour arriver à une surveillance aussi active avec un personnel exclusivement composé d'agents voyers, il faudra dépenser 65 500 francs, savoir :

Digitized by Google

	fr.
Un agent voyer en chef.	6 000
Trois agents voyers d'arrondissement.	9 000
Vingt-sept agents cantonaux, à 1 500 francs. . .	40 500
Cinq employés sédentaires.	6 000
Frais de bureau.	4 000
Total.	65 500
Différence. . . . 22 000	

M. Maurice, dans une autre partie de ses observations, compare la nature des rapports existant entre les autorités départementales et les ingénieurs, aux relations de ces mêmes autorités avec les agents voyers, et il conclut naturellement en faveur de ces derniers.

Cette conclusion, nous ne saurions l'admettre : les ingénieurs ont depuis trop longtemps donné des preuves de leur sentiment du devoir ; ils ont trop longtemps vécu dans les liens de la hiérarchie administrative, pour que les autorités départementales puissent trouver en eux autre chose que d'utiles et dévoués auxiliaires.

S'il nous est permis de citer, comme exemple, un département dans lequel l'expérience s'est faite complétement, nous dirons que, dans la Mayenne, depuis 1836 (époque de la promulgation de la loi sur le service vicinal), les préfets et sous-préfets, les ingénieurs en chef et ordinaires se sont fréquemment succédé sous des régimes divers. Le conseil général a été plusieurs fois renouvelé, et pourtant aucune difficulté sérieuse n'a jamais surgi entre ces autorités et les ingénieurs ; aussi, lorsqu'à la session dernière, le conseil général a eu à se prononcer sur la réorganisation du service, en prévision de la loi récemment votée, n'a-t-il pas hésité à charger les ingénieurs et leur personnel de tout le service vicinal.

M. Liénard parle dans sa lettre d'oscillations qui se seraient produites à cet égard dans la Côte-d'Or, où l'on a passé successivement du régime des ingénieurs à celui des agents voyers, puis des agents voyers aux ingénieurs, pour

Digitized by Google

revenir encore aux agents voyers. Ces oscillations sont loin d'être favorables à un bon fonctionnement, et c'est sans doute pour les faire cesser que la loi du 18 juillet 1866 a laissé aux conseils généraux la faculté de désigner les services auxquels doivent être confiés les chemins vicinaux de grande communication et d'intérêt commun.

Nous ne saurions d'ailleurs mieux terminer notre réponse à cette partie des observations de M. Maurice, qu'en rappelant que, dans une séance récente du Corps législatif (*), M. le Ministre de l'Intérieur disait, aux applaudissements de la Chambre : « Que la meilleure politique était une bonne « administration. »

M. Maurice a revendiqué, pour les agents voyers, une part de dévouement et d'amour du bien public égale à celle des ingénieurs ; c'est le seul point sur lequel nous pourrons nous trouver d'accord. Ces qualités sont assez communes en France pour que nous ayons pu rappeler que le corps des ponts et chaussées les possède, sans pour cela les refuser à MM. les agents voyers.

M. Liénard fait un grief aux ingénieurs de ce que le département de la Mayenne n'était pas, en 1861, parmi les vingt-quatre départements les plus avancés dans la confection du réseau des chemins de grande communication. M. Liénard sait, aussi bien que nous, que l'état d'avancement des chemins est nécessairement en rapport avec les ressources affectées aux travaux. Or, dans un département où le centime ne vaut que 25.000 francs, et où toutes les prestations *sont rachetées* au prix modique de 0f.80, les ressources sont nécessairement fort restreintes, et, si cependant les ingénieurs sont aujourd'hui parvenus à achever à peu près complétement le réseau, c'est qu'ils ont fait de ces modiques ressources l'emploi le plus fructueux.

(*) 9 juin 1868, discussion de la loi sur l'achèvement des chemins vicinaux.

Nous n'avons rien à dire d'un fait particulier à la Côte-d'Or, fait d'ailleurs que nous n'avons aucun moyen de vérifier ou contrôler, savoir : que pendant les oscillations du service, quelques kilomètres de chemins vicinaux auraient été construits par les ingénieurs de la Côte-d'Or, à plus haut prix que la moyenne de l'ensemble du réseau. Les chiffres et les raisonnements contenus dans notre Notice sont le résumé de travaux embrassant plus de 15.000 kilomètres, et par conséquent exclusifs de tous cas particuliers.

En résumé :

Nous maintenons que, pour la région des quinze départements auxquels se rapporte notre Notice, les travaux des chemins vicinaux de grande communication dirigés par le personnel des ponts et chaussées, ont été exécutés à moindres frais que les travaux semblables dirigés par les agents voyers.

Nous prenons acte de cet aveu de M. l'agent voyer en chef de Loir-et-Cher : que les travaux des ingénieurs sont mieux faits que ceux des agents voyers.

Enfin il est de toute évidence que, si le service vicinal est confié au personnel des ponts et chaussées du département, la rémunération de ce personnel est moins coûteuse que celle qu'exigerait un service spécial d'agents voyers.

Nous persistons donc dans toutes les conclusions de notre Notice.

Laval, le 12 juillet 1868.

Digitized by Google

N° 194

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

SUR L'OUVRAGE INTITULÉ

Leçons faites en 1867 à l'École impériale des ponts et chaussées; par M. JACQMIN, *ingénieur des ponts et chaussées, directeur de l'exploitation des chemins de fer de l'Est.*

Par M. CHEYSSON, ingénieur des ponts et chaussées.

L'exploitation des chemins de fer touche aux problèmes les plus élevés et les plus complexes qu'ait à résoudre la grande industrie. Les moyens d'action dont elle dispose et les résultats qu'elle en obtient atteignent des proportions tout à fait inattendues et dont les chiffres suivants donneront une idée. Son matériel se compose de 4 500 locomotives, de 20 000 voitures à voyageurs, de 100 000 wagons à marchandises. Son personnel forme une véritable armée qui ne comprend pas moins de 120 000 agents. Elle s'étendait, au 31 décembre 1867, sur 15 669 kilomètres. Elle a transporté en 1867, comme unités kilométriques, 6 milliards de tonnes de marchandises et 3 milliards et demi de voyageurs. Enfin elle a réalisé, dans cette même année, une recette de près de 700 millions de francs (*).

Ce sont là des données dont la grandeur défie toute comparaison. Elles contiennent en germe une révolution économique qui n'a encore porté qu'une partie de ses fruits, bien qu'elles aient déjà profondément modifié toutes

(*) Exactement 689 519 627 francs dont 33 025 539 francs pour l'impôt du dixième. (*Moniteur* du 13 mars 1867.)

Digitized by Google

les branches de la production et de la consommation. « Elles « font, en un mot, de la création des chemins de fer, au « point de vue économique, l'œuvre la plus grande, la plus « utile de ce siècle (*). »

Le maniement d'un levier si puissant présente des difficultés redoutables. Le problème de l'exploitation ne renfermait presque, à l'origine, que des inconnues qui ont été successivement dégagées par l'expérience. C'étaient le personnel, la voie, le moteur, les véhicules, les courants commerciaux, le public, les taxes; autant de solutions à improviser, puisqu'on ne disposait que de précédents sans analogie. De là quelques hésitations et quelques tâtonnements au début; mais en somme, en marchant on a appris à marcher. La science de l'exploitation, quoique se complétant tous les jours, est déjà faite; elle a ses traditions, ses règles, je dirai volontiers sa jurisprudence. Il ne lui restait plus qu'à se formuler et à se vulgariser. Elle n'était, en effet, jusqu'à ces derniers temps, connue que par un petit nombre d'initiés qui l'avaient pratiquée personnellement et par nos jeunes camarades de l'École des ponts et chaussées, qu'une prévoyance sans cesse en éveil munit chaque année de notions plus complètes, et qui arrivent toujours mieux armés sur notre champ de bataille professionnel.

Heureusement, ces leçons de l'école viennent d'être réunies en volumes et publiés par leur auteur, M. Jacqmin, qui, mieux qu'aucun autre, pouvait s'acquitter de cette tâche et nous rendre un pareil service. Directeur de l'exploitation des chemins de fer de l'Est, M. Jacqmin a traité son sujet avec une entière compétence, et l'on sent, à la façon magistrale dont il possède et expose cette science, qu'il a contribué pour sa part à l'amener dans son état actuel.

(*) Discours de M. de Franqueville, directeur général des ponts et chaussées et des chemins de fer, dans la séance du Corps législatif du 27 juin 1865.

Cet ouvrage (*), bien que très-complet au point de vue technique, ne s'adresse pas seulement aux ingénieurs; il sera encore consulté avec profit par les hommes d'état, les législateurs, et même les gens du monde. Les matières y sont distribuées avec méthode, la lecture en est des plus attachantes; les divers sujets s'enchaînent avec art et sont tous éclairés d'une vive lumière.

Nous ne pouvons évidemment, dans le cadre étroit de cette notice, nous laisser aller à une analyse détaillée de l'ouvrage, et encore moins discuter les opinions de l'auteur. C'est un livre qu'il faut lire, et nous devons nous borner à un rapide exposé des principales questions qu'il traite.

Après une introduction très-substantielle sur l'importance de la tâche accomplie par les chemins de fer, M. Jacqmin énumère les mesures qu'ont prises, à leur grand honneur, les diverses compagnies, et notamment celle de l'Est, en faveur de leur personnel. Il révèle ainsi un grand nombre de faits trop peu connus et des plus consolants, en ce qu'ils sont de nature à rassurer les économistes que préoccupe l'avenir des coopérateurs de la grande industrie. Il y a là de touchants exemples à imiter. Caisses de secours ou de prévoyance, caisses de retraite, fourniture à prix réduit de comestibles, de charbon et de vêtements; admission des femmes pour les emplois de receveuses et garde-barrière, avances, permis de circulation, bains, écoles, etc., tels sont les différents moyens que les compagnies ont adoptés pour venir en aide à leurs agents, avec une sollicitude ingénieuse et que rien ne lasse. « Elles prouvent « ainsi, suivant l'expression d'un de leurs directeurs (**),

---

(*) 2 volumes in 8°, librairie Garnier frères.

(**) M. Surell, directeur de la compagnie du Midi, dans une note autographiée portant la date du 25 novembre 1867, et relative aux institutions de bienfaisance que cette compagnie a créées en faveur de son personnel.

« qu'elles ne bornent pas leur tâche à une exploitation in-« dustrielle, mais qu'elles aspirent à faire tourner au profit « de leurs employés tous les moyens dont elles disposent « pour les rendre meilleurs et plus heureux. »

Passant ensuite à l'exploitation proprement dite, l'auteur s'étend, avec les développements que mérite l'importance de cette question, sur le grand problème de la sécurité pour les transports de voyageurs. Il prouve par des chiffres officiels que la proportion des accidents est plus faible pour les voyages en chemin de fer (*) que pour tout autre mode de transport, assertion qui n'est plus guère contestée aujourd'hui, même par les personnes les moins familiarisées avec cette question (**). Quoique réduits ainsi à leur véritable importance relative, ces accidents ne sont encore que trop nombreux, et surtout ils impressionnent douloureusement l'opinion publique. Pour les prévenir, les compagnies ont pris les mesures les plus sages et accumulé toutes les précautions que peut suggérer la prudence humaine. M. Jacqmin montre d'abord que la sécurité doit surtout résulter de l'application normale et incessante d'un petit nombre « de rè-« gles inflexibles, claires, simples, et qui ne surchargent « pas la mémoire des agents (***). » Ces règles sont relatives

(*) Cette proportion, qui était en 1860 de 1 voyageur pour 7 millions de voyageurs transportés, s'est successivement améliorée. En 1863, d'après les déclarations faites au Corps législatif par M. de Boureuille, secrétaire général du ministère des travaux publics, elle était de 1 sur 8 millions. Enfin, pour 1865, l'exposé de la situation de l'Empire indique le chiffre de 5 victimes ayant succombé sur un mouvement de 71 millions de voyageurs, c'est-à-dire de 1 pour 14 millions.

(**) D'après les calculs peut-être un peu complaisants d'une compagnie anglaise d'assurance (Railway passengers assurance company), on courrait moins de dangers en chemin de fer que dans son appartement. Il faudrait compter que, pour 10 accidents survenus en voyage, on est exposé à en éprouver 14 en restant chez soi (chute sur un tapis, feu aux vêtements, etc.) et 8 en jouant au cricket.

(***) Enquête officielle de 1853 sur les moyens d'assurer la régularité et la sécurité de l'exploitation des chemins de fer.

à la liberté de la voie, à l'espacement des trains, au passage des points dangereux. L'auteur analyse en détail chacune d'elles et en déduit les conséquences qui sont passées dans les règlements et dans la pratique de l'exploitation.

Il semble, à les étudier, que ces dispositions ont tout prévu et ne laissent aucune place au hasard. On sait pourtant que celui-ci parvient à les déjouer et à se faire sa part, là comme ailleurs. Il ne faut pour cela qu'une rupture de rail ou d'essieu, ou qu'un moment d'aberration de la part d'un agent. On s'étonne, on s'indigne même assez volontiers de cette seconde cause toute humaine d'accidents qui fait le plus grand nombre de victimes, et qu'il semble si facile de conjurer avec de l'attention. Mais on oublie, en se livrant à ces sentiments, que les compagnies ne peuvent employer que des hommes, et des hommes sujets à l'erreur. Les agents sont choisis avec soin ; la durée du service quotidien est inférieure à la moyenne qu'elle atteint dans les autres professions : « Mais, malgré ces précautions, on « n'empêchera pas un homme de se tromper, de tourner un « disque à droite au lieu de le tourner à gauche, de donner « deux coups de sifflet au lieu de trois... »

Pour échapper à cette imperfection de notre nature, on a proposé de remplacer les agents par des appareils automatiques. Ce serait substituer un mal plus grand au mal actuel. La plupart des combinaisons mécaniques mises en avant sont compliquées, sujettes à dérangement, et il semble inadmissible de faire dépendre la sûreté de l'exploitation du jeu d'une pédale ou de l'élasticité d'un ressort. Mieux vaut, sans contredit, l'emploi d'hommes intelligents et responsables que celui d'un mécanisme inconscient, qui donne une fausse sécurité, et ne répondra pas d'un axe forcé ou d'un organe rompu.

M. Jacqmin assigne donc un rang secondaire aux appareils mécaniques, et encore, pour les admettre aux honneurs de l'application, les veut-il simples, pratiques, je dirai

Digitized by Google

presque robustes. Ils doivent reposer sur une idée claire et juste; enfin, s'appliquer à des cas usuels et non pas à des éventualités rares, sous peine de ne pas fonctionner au moment voulu et d'être discrédités dans l'esprit des agents (*).

Quant aux moyens de prévenir les attentats contre les voyageurs isolés dans leur compartiment, les compagnies n'en ont encore adopté aucun qui soit satisfaisant, malgré la pression de l'opinion publique très-surexcitée à une certaine époque, et les recherches persévérantes des commissions d'enquête. Les communications électriques ou acoustiques d'un bout à l'autre du train ne donnent pas encore un fonctionnement assuré; le contrôle de route n'a pu être admis sur la plupart des lignes, à cause des dangers auxquels il exposait les agents au passage des ouvrages d'art. Mais la vigilance de l'administration et des compagnies est très-éveillée sur cette question; les expériences se poursuivent et aboutiront, sans doute, à des résultats pratiques. Aura-t-on, après cela, réalisé pour les voyageurs une sécurité absolue? Pour le penser, il faudrait oublier que cette sécurité absolue n'existe nulle part et qu'aucune institution humaine ne peut la garantir. Sans parler des arrestations à main armée, des pillages de diligences, dont quelques pays voisins nous offrent encore le triste tableau, et dont la France elle-même vient de voir revivre sur sa frontière italienne de déplorables exemples, n'apprend-on pas chaque jour que des personnes ont été frappées dans la rue, dans leurs maisons? Un assassin n'a-t-il pas choisi sa victime en plein théâtre, devant des centaines de spectateurs impuissants à empêcher son crime? Aussi quand l'administration et les compagnies ont pris toutes les précautions indiquées par l'expérience et compatibles avec l'état actuel de la science, ne saurait-on, sans injustice, leur

(*) Voir pour les développements de ce principe le rapport de M. l'inspecteur général Couche, sur le frein Guérin.

Digitized by Google

demander davantage, ni s'effrayer outre mesure de ces incidents qui faussent partout les calculs les plus sages et déjouent les combinaisons les plus sûres.

Après la sécurité, M. Jacqmin examine les autres questions concernant le transport des personnes, et expose les diverses exigences avec lesquelles l'exploitation est aux prises. C'est ainsi que, au gré du voyageur, les trains devraient lui donner la faculté de partir à n'importe quel moment de la journée; le transporter à sa destination avec une extrême vitesse et à un prix très-réduit; desservir tous sa station d'arrivée, si faible qu'en fût l'importance; être pourvus de tous les agréments du confort et même du luxe le plus recherché; lui réserver un compartiment pour lui seul et les personnes de sa compagnie; enfin, comprendre toutes les classes, et correspondre sans perte de temps avec tous les embranchements secondaires. Comme le dit justement M. Jacqmin, ce n'est qu'en Icarie qu'on trouvera de ces trains. Malheureusement, sur le terrain pratique des faits, il faut compter avec les réalités qui ne s'accommodent guère de ce brillant programme. La plupart de ces conditions sont, pour ainsi dire, contradictoires, et ce n'est que par une série de compromis et de règles de fausse position que l'exploitation parvient à les mettre à peu près d'accord en les sacrifiant toutes plus ou moins.

C'est surtout la question des prix qui a donné lieu aux plus vives discussions, soit dans le public, soit au sein des grands corps de l'État. On s'est plu à représenter les compagnies comme se renfermant systématiquement dans leurs cahiers des charges, et profitant de leur monopole pour se refuser à toute modification de taxe. Avec l'autorité qui s'attache à sa parole, S. Ex. M. de Forcade, ministre des travaux publics, a fait justice de ces accusations dans deux discours qu'il a prononcés à la Chambre, le 22 juillet 1867, et le 6 juin 1868, sur la question des tarifs : « Il a « été délivré en 1864, a fait remarquer M. le ministre,

« 77 millions de billets, sur lesquels 35 millions l'ont été « à prix réduits..... Depuis 1863, le tarif moyen perçu pour « les voyageurs est inférieur au tarif minimum de la troi- « sième classe (*). Les compagnies, si l'on compare les « perceptions faites à prix réduits à celles qui auraient été « faites au tarif légal, ont subi en 1865, sur une recette « de 184 millions, une diminution de 24 millions. Ces chif- « fres suffisent pour établir que les compagnies ne se ren- « ferment pas d'une manière absolue et inintelligente dans « le tarif légal qui leur a été accordé. »

D'un autre côté, M. le ministre a, dans les mêmes discours, rendu sensibles les dangers des abaissements trop brusques de tarifs, en analysant, à la lumière des faits, l'expérience tentée récemment en Belgique sur les chemins de fer exploités par l'état. Un arrêté du 20 mars 1866 a en effet étendu sur ces lignes, au transport des personnes, le principe des tarifs différentiels jusqu'ici réservé au transport des marchandises, et il a fait subir aux taxes de voyageurs des réductions considérables qui les font descendre, pour les distances de 200 à 300 kilomètres, à 5 centimes, 2 centimes et 1 centime et demi, suivant les classes, c'est-à-dire au quart et au cinquième du tarif français. Il eût été désirable que cette tentative hardie fût justifiée par le succès : il n'en a malheureusement rien été, et les résultats constatés jusqu'ici ont été désastreux pour le trésor belge (**).

On insiste pourtant. Les compagnies, dit-on, méconnais-

(*) Ce tarif a été en 1866 de 0f.0554, tandis que les tarifs légaux pour les trois classes sont de 0f.112, 0.084, 0.0616.

(**) En 10 mois, d'avril 1866 à février 1867, la perte a été de 1.500.000 francs pour une étendue de 890 kilomètres. Dans ces conditions, elle eût atteint, sur le réseau français, qui mesure 16.000 kilomètres, la valeur de 25 millions. Pour ressaisir une partie de ces recettes, le gouvernement belge a diminué le nombre des trains de voyageurs, et relevé les tarifs sur quelques marchandises, et notamment les houilles.

Digitized by Google

sent leur propre intérêt en maintenant leurs tarifs. Il est de principe que les réductions de prix augmentent la consommation. L'accroissement dans la masse des transports compenserait donc bientôt et au delà, pour les chemins de fer, la diminution des taxes. A l'appui de cette opinion, on ne manque pas d'invoquer l'exemple de la réforme postale, qui n'aurait pas été moins féconde au point de vue financier qu'au point de vue moral. M. Jacqmin fait justice de ce dernier argument dans une discussion serrée. Il montre qu'en tenant compte, non pas seulement de l'accroissement absolu des recettes du service postal, mais encore de la progression qui existait dans ces recettes avant la réforme, et qui se fût sûrement continuée en dehors d'elle, cette réforme n'a pas coûté au trésor moins de 200 millions. Elle a certes produit des résultats de toute sorte qui la justifient pleinement et lui méritent même notre reconnaissance ; mais il importe au moins de savoir de quel prix il a fallu l'acheter pour se tenir en garde contre des généralisations imprudentes et théoriques qui appauvriraient infailliblement le trésor, sous prétexte de l'enrichir (*).

(*) En 1866, les recettes brutes de l'administration des postes se sont élevées à

se sont élevées à		82.555.989
En 1847, elles étaient de		53.287.196
Plus value au profit de 1866		29.268.793
Les dépenses d'exploitation ont été :		
En 1866 de	61.241.389	
En 1847 de	34.823.420	
Excédant de dépenses de 1866 par rapport à 1847		26.417.969
Ce qui réduit la plus value annuelle à		2.850.824

Mais, si l'on tient compte du transport gratuit des dépêches, qui est imposé aux Compagnies par l'État, et que dans son discours du 19 mai 1868, S. Ex. M. Rouher, ministre d'État, évaluait au moins à 30 millions, on voit que le service des postes coûte aujourd'hui environ 9 millions de plus qu'il ne rapporte, tandis qu'en 1847, à la veille de la réforme postale, il produisait un revenu net de plus de 18 millions. C'est un résultat qu'il est intéressant de ne pas perdre de vue dans les discussions de tarifs.

Digitized by Google

On n'est donc fondé à demander aux compagnies des abaissements radicaux de tarifs que si l'on est disposé à mettre à la charge du pays les sacrifices considérables qu'ils entraîneront pendant une assez longue période. Mais s'il est peu problable que notre budget soit en mesure d'affecter des ressources à cet objet, il ne reste plus qu'à engager les compagnies à persévérer sans hésitation dans la voie où elles sont entrées, à interroger l'expérience par des tentatives bien dirigées et inoffensives en cas d'insuccès, enfin à appliquer toutes les réductions prudentes et progressives, compatibles avec leur intérêt, qui en cela n'est pas loin de se confondre avec l'intérêt public (*).

Pour aider les compagnies à marcher dans ce sens, peut-être serait-il opportun de leur accorder quelques libertés de service ou taxe.

Les premières, réclamées par M. Flachat dans l'enquête de 1862 (**), avaient trait à l'organisation de trains mixtes « dont la recette serait faite en route par un conducteur, comme celle des omnibus ou des voitures de la banlieue de Paris, mais qui ne seraient astreints à aucune régularité d'heure ou de vitesse. On atteindrait ainsi une catégorie de voyageurs que les chemins de fer ne peuvent prendre : c'est la partie de la population agricole qui est en relation avec la petite ville voisine ; c'est aussi la population ouvrière cherchant de l'ouvrage aux environs de son domicile. »

Une autre faculté qu'on pourrait donner aux compagnies,

(*) « Le gouvernement est profondément convaincu que des exploitations comme celles des chemins de fer n'ont qu'à gagner « à se montrer larges et libérales, et qu'il y a moins d'antagonisme qu'on ne le pense entre les intérêts de leurs actionnaires « et ceux du public. » (Circulaire adressée le 1er février 1864 par M. Béhic, alors ministre des travaux publics, aux directeurs des compagnies de chemins de fer, à la suite de l'enquête de 1862.)

(**) « Enquête sur la construction et l'exploitation de chemins de « fer. » Elle a été présidée par M. Rouher, alors ministre des travaux publics, et elle a eu pour rapporteur et vice-président M. Michel Chevalier.

et qui semble conforme à l'équité, c'est celle d'établir sur les trains express une majoration qui se retrouve sur presque tous les chemins de fer étrangers et qui proportionnerait la taxe au service rendu et à la dépense occasionnée.

On pourrait enfin affranchir l'exploitation de l'obligation qui lui est imposée par l'article 18 de l'ordonnance royale du 15 novembre 1846, de ne pas dépasser le nombre de vingt-quatre voitures pour les trains de voyageurs. Cette limitation a déjà été modifiée pour les trains de troupes qui peuvent comprendre trente et même trente-cinq wagons, et il n'y aurait aucun inconvénient à l'atténuer, sinon à la supprimer entièrement, au moins pour les trains à vitesse réduite, aujourd'hui surtout que la puissance des locomotives s'est développée dans des proportions qui ne pouvaient être soupçonnées en 1846. Les chemins anglais et allemands ne sont pas assujettis à cette prescription, et le nombre des véhicules n'y connaît d'autre limite que celle de la puissance de traction de la locomotive. Il en résulte qu'un train de quarante voitures, lorsqu'il arrive à la frontière, doit se dédoubler pour pénétrer sur nos réseaux, après avoir parcouru sur ceux de l'étranger des distances parfois considérables, sans danger ni inconvénient. Délivrées de cette gêne, les compagnies pourraient offrir au public des réductions de prix qui seraient compensées par le nombre des voyageurs admis dans un même train, et elles ne seraient plus exposées à commettre, pour respecter l'article 18 de l'ordonnance de 1846, une infraction à l'article 17 de la même ordonnance, qui leur prescrit de mettre à la disposition du public des voitures de chaque classe « en nombre suffisant. »

Après le transport des personnes, M. Jacqmin étudie le transport des marchandises et expose avec détails les règles et les faits qui concernent cette importante question. Transports en grande et petite vitesse, trains mixtes, organisation d'une gare de marchandises à Paris, réparti-

Digitized by Google

tion, emploi et parcours du matériel roulant, délais, tarifs de transports intérieurs, de transit et d'exportation ; tous ces sujets sont traités successivement avec les développements qu'ils comportent. Nous ne nous arrêterons un moment que sur celui qui touche aux prix et aux délais de transport par petite vitesse, à cause des réclamations qu'il soulève de la part des intéressés.

En ce qui concerne les prix, il semble pourtant que les abaissements consentis par la compagnie soient de nature à donner satisfaction aux vœux du commerce. A l'inverse de ce qui se passe pour les voyageurs, ces tarifs sont largement différentiels ; ils ont suivi une progression constamment décroissante et sont descendus du chiffre moyen de 7 centimes par tonne et par kilomètre, en 1856, à un peu moins de 6 centimes ($0^f.0598$). Ce prix est inférieur d'au moins 0.14 à celui du transport sur les routes de terre; ce qui représente pour un tonnage kilométrique de 6 milliards une économie annuelle de plus de 800 millions.

Au sujet des délais, les plaintes du commerce sont nombreuses et ont retenti plusieurs fois jusqu'à la tribune du corps législatif. Il a déclaré qu'il en était réduit à regretter l'ancien roulage et s'est prétendu sacrifié et désarmé en face du monopole. Il a enfin cité l'exemple de l'Angleterre, où le transport et la livraison des marchandises s'effectuent dans des délais incomparablement plus courts qu'en France (*).

En écartant de ces doléances ce qu'elles ont d'excessif, il reste constant que les compagnies françaises prennent, d'une manière absolue, d'assez longs délais pour ce service de marchandises, malgré l'accélération qu'a voulu lui im-

(*) De Manchester ou Liverpool à Londres (304 et 323 kilomètres), il ne s'écoule en tout que 12 à 14 heures pour la petite vitesse, entre la remise de la marchandise à la gare de départ et sa livraison à Londres au domicile du destinataire. En France, ce délai serait porté à 6 ou 7 jours.

primer l'arrêté du 12 juin 1866 (*), et qu'en particulier elles sont loin d'approcher des compagnies anglaises sous le rapport de la célérité. A quoi tiennent ces différences dans les résultats de l'exploitation sur les chemins de fer des deux pays?

En premier lieu, il faut faire observer que les tarifs anglais sont notablement plus élevés que ceux des lignes françaises, surtout pour les marchandises dites « de classes » (produits manufacturés et matières premières de grande valeur). Le tarif moyen perçu pour cette nature de transports est d'au moins 12 centimes par tonne et par kilomètre, tandis qu'en France il ne dépasserait pas 7 à 8 centimes. Le commerce anglais paye donc aux compagnies, pour la célérité dont il jouit, une prime de plus de 100 millions, si on la calcule sur le tonnage auquel elle s'applique. Il est douteux que le commerce français fût disposé aux mêmes sacrifices : « La preuve en est, ainsi que le faisait remar-« quer M. de Franqueville dans son discours déjà cité du « 27 juin 1865, que presque toujours en France, à côté « d'un tarif spécial avec délai allongé, se trouve un tarif « général avec un prix plus élevé et le délai réglementaire. « Or il est à peu près sans exemple qu'un expéditeur choi-« sisse les tarifs les plus élevés avec un délai moindre. On « choisit presque toujours sans exception les tarifs les plus « bas avec des délais plus longs; donc on veut bien de la « vitesse, mais on ne veut pas la payer. Voilà le fait véri-« table. »

Une autre différence très-importante dans le régime de l'exploitation en France et en Angleterre tient à la liberté presque absolue dont jouissent les compagnies anglaises.

(*) L'article 8 de cet arrêté élève de 125 à 200 kilomètres la vitesse quotidienne du transport des marchandises sur les principales lignes de nos réseaux, mais seulement pour les marchandises taxées au prix de la première et de la deuxième série des tarifs généraux de chaque compagnie.

Digitized by Google

Ces compagnies ne sont assujetties à aucun délai légal (*) : elles préviennent de leur côté le public par un avis inséré dans leurs conditions générales, « qu'elles ne « garantissent pas les heures de départ ni celles d'arrivée « des trains de marchandises. » « Elles ont la facilité de « changer leurs prix de transport de temps en temps, « sans dépasser les maxima prévus, et sans aucune limite « quant au temps pendant lequel une taxe, une fois fixée, « devra être en vigueur. » (Act. 1854.) Elles font un usage continuel des traités particuliers sous toutes les formes, et sont absolument maîtresses de leurs taxes par suite de la fiction légale qui ne les oblige qu'à livrer passage sur leurs rails aux wagons des expéditeurs, moyennant un droit de péage, mais ne leur impose pas l'obligation d'en effectuer elles-mêmes la traction. Si elles consentent à se charger du transport, elles sont autorisées, dit le bill de concession, à percevoir en sus du droit de péage « une raisonnable somme », pour se rémunérer de leur supplément de dépenses. Cette disposition et l'élasticité des frais accessoires permettent aux compagnies de dépasser à leur gré les maxima fixés par les bills. Si les expéditeurs protestent contre l'exagération des taxes, les compagnies leur refusent le service du transport et les amènent à composition en leur proposant l'usage des voies. En somme, les prix s'établissent en vertu de la loi de l'offre et de la demande, et sont médiocrement influencés par l'intervention administrative ou législative. « Le public trafique avec les compagnies à peu près comme « un acheteur débat son prix avec le vendeur dans toutes « les grandes industries du monde, et les taxes ont été éta- « blies en proportion de la valeur commerciale du service « rendu et des frais que peut supporter la marchandise,

---

(*) D'après le Railway and canal trafic act, 1854 (17e et 18e Victoria, chap. 31, §§ 2 et 3), le transport doit s'effectuer *« dans un délai raisonnable. »*

Digitized by Google

« sans souci des maxima rarement atteints, mais parfois « dépassés (*). »

En France, une pareille latitude laissée aux compagnies froisserait vivement notre tempérament national et pourrait devenir abusive, privée qu'elle serait du correctif salutaire que lui opposent chez nos voisins la multiplicité des concessions et la rivalité presque illimitée des entreprises. Dominé par la répartition du territoire entre un certain nombre de réseaux distincts, sinon en droit, du moins en fait, notre régime d'exploitation comporte et appelle même une réglementation plus stricte et plus détaillée qu'en Angleterre. Toutefois on peut dire avec la commission d'enquête de 1862, qu'au delà d'une certaine limite assignée à l'intervention indispensable du législateur, et quelle que soit d'ailleurs la pensée de bien public qui les inspire, les restrictions ne sont que trop sujettes à empêcher le bien autant que le mal, et à tourner au détriment des intérêts qu'elles veulent protéger.

Outre cet enseignement général qu'on peut puiser dans l'étude de l'exploitation telle que la comprennent les Anglais, il est deux faits spéciaux à leur pratique dont la commission de 1862 recommande l'importation dans notre pays.

Le premier consiste dans l'usage adopté à peu près généralement par les expéditeurs de fournir eux-mêmes le matériel nécessaire aux transports des matières minérales qui entrent pour une forte proportion dans le mouvement général des marchandises. Les compagnies sont ainsi dispensées de l'achat et de l'entretien d'un nombre considérable de wagons, et échappent à ces reproches d'insuffisance de matériel que les compagnies françaises, malgré le déve-

(*) Ces détails sont empruntés aux rapports très intéressants de M. Moussette, inspecteur principal de l'exploitation commerciale des chemins de fer, en date des 9 mai et 14 septembre 1860, et de M. Lan, ingénieur des mines, du 8 février 1862.

loppement de leur effectif, encourent à chaque affluence inusitée de transports encombrants.

Une seconde facilité dont jouit l'exploitation en Angleterre, et qui contient en partie le secret de sa célérité exceptionnelle, c'est le système de livraison des marchandises à domicile. Deux heures après l'arrivée d'un train, les colis quittent la gare et sont immédiatement livrés au destinataire. En France, au contraire, l'article 52 du cahier des charges ayant réservé aux expéditeurs et destinataires la faculté de faire eux-mêmes et à leurs frais le factage et le camionnage, le commerce a pris l'habitude de transformer les gares en magasins ou entrepôts. C'est là, ainsi que le démontre avec force M. Jacqmin, une des difficultés les plus sérieuses qu'ait à surmonter ce service. Entendus dans l'enquête de 1862, MM. Denière et Berthier ont signalé : « l'encombrement à peu près général des gares comme la « première et peut-être l'unique cause des retards qu'é« prouve la livraison des colis. »

Pour remédier à cet abus, la commission a proposé d'autoriser les compagnies à percevoir un tarif de magasinage très-rapidement progressif, et à camionner d'office à domicile les marchandises après un certain délai.

Ces mesures dégageraient les gares, donneraient une élasticité nouvelle aux mouvements des compagnies, et feraient cesser une partie des plaintes du public (*).

Après avoir étudié sous tous les aspects le problème de l'exploitation, M. Jacqmin nous indique dans un dernier chapitre les résultats généraux qu'elle a produits. Il nous

---

(*) Les arrêtés provisoires rendus sur la demande de la compagnie de l'Est et de deux ou trois autres compagnies, leur ont accordé cette faculté du camionnage d'office au bout d'un délai de cinq jours. Un arrêté récent, applicable seulement à la gare de la Villette, menacée d'encombrement par les arrivages considérables des blés de la Hongrie, a réduit, pour les céréales, ce délai à quarante-huit heures.

Digitized by Google

la montre concourant avec un nouveau régime économique, pour conjurer ces famines qui ont trop souvent désolé notre pays, pour assurer l'alimentation publique (*) et le progrès continu de l'agriculture et de l'industrie. Ce chapitre est plein de faits intéressants à consulter, et reproduit en les développant les éléments principaux d'une étude du même auteur publiée récemment dans les *Annales*, et dont les lecteurs de ce recueil n'ont certainement pas perdu le souvenir (**). On s'explique sans peine l'impulsion que les chemins de fer ont dû imprimer à la prospérité publique, puisque les économies annuelles qu'ils réalisent pour le pays dépassent actuellement 1 milliard et atteindront, quand le réseau sera complet, 1 milliard et demi, les deux tiers de notre budget. Cette évaluation, empruntée au discours de M. de Franqueville, du 27 juin 1865, est certainement fort au-dessous de la vérité; car elle ne repose que sur des faits en quelque sorte évidents et matériels, les seuls saisissables par le calcul, et néglige ces réactions délicates et complexes, quoique très-réellement efficaces, que les transports exercent sur l'ensemble des phénomènes éco-

---

(*) Les compagnies ont spontanément abaissé leurs taxes pour le transport des céréales fort au-dessous du maximum réglementaire. Dans un rapport en date du 14 mars 1868 et relatif à cette question, M. le ministre des travaux publics « se plaît à reconnaître « qu'il a trouvé chez les compagnies le concours le plus empressé. » Un arrêté ministériel, portant la même date, « homologue « sur la proposition des compagnies, un tarif dont les prix sont « fixés à 0f.06, 0f.05, 0f.04 et 0f.03 par tonne et par kilomètre, suivant les distances à parcourir, et qui fait ainsi ressortir, pour « les plus grands parcours, une réduction de 50 p. 100 sur le prix « de 0.07 fixé comme maximum en cas de cherté de grains. »

(**) *L'Agriculture et les chemins de fer*, par M. Jacqmin, *Annales* 1865, 2e semestre, p. 324. Il était beaucoup question, au moment de la publication de cette étude, des souffrances de l'agriculture produites par de belles récoltes, et l'on parlait pour y remédier d'abaisser les tarifs des chemins de fer. La note de M. Jacqmin eut pour objet de montrer que les réductions ainsi réclamées existaient depuis longtemps et sur une très-large échelle.

nomiques. Mais, même en s'en tenant à cette base, on voit que la dépense du réseau total, estimée au plus à 10 milliards, constitue un excellent placement pour le pays et par suite pour l'État, considéré comme le centre où aboutit toute sensation du corps social. Le trésor lui-même doit se féliciter de ses sacrifices pour leur établissement, abstraction faite de l'influence générale des chemins de fer sur la productivité de l'impôt, et à ne supputer que les perceptions directes prélevées sur les compagnies par les caisses publiques ou les économies obtenues, grâce à leur concours, sur des dépenses obligatoires de l'Etat. C'est ce que permet d'établir un calcul assez simple.

Au 31 décembre 1867, l'État avait dépensé 984 millions pour travaux et subventions en capital, non compris les prêts faits aux compagnies, qui ont été intégralement remboursés. Le montant total de ces subventions devant s'élever à 1 446 millions, il reste à imputer sur les fonds du trésor, à partir du 1er janvier 1868, une somme de 462 millions, sur laquelle 61 millions sont payables en capital ou en travaux, et 401 millions payables en quatre-vingt-douze annuités, à dater de l'exercice 1865 (*).

Quant à la garantie d'intérêt, on a calculé qu'en supposant dans les revenus une progression annuelle qui serait pendant les premières années de 4 p. 100, puis décroîtrait successivement, au fur et à mesure de l'extension du nouveau réseau, jusqu'à 2 p. 100, cette garantie n'aurait plus à fonctionner en 1884, c'est-à-dire qu'en 1885 commencerait le remboursement à l'État. Pendant cette période, les annuités auront une valeur moyenne de 30 millions (**)

(*) Exposé de la situation de l'Empire en 1867 (*Moniteur* du 23 novembre 1867).

(**) Lors de la préparation de la loi sur l'amortissement en 1866, on avait estimé que le montant de l'annuité pour 1867 s'élèverait à 31 millions. Elle n'est en réalité que de 26 297 000 francs, c'est-à-dire qu'elle reste de 5 millions au-dessous des prévisions. (Exposé de la situation de l'Empire de 1867.)

et s'élèveront ensemble à 568 millions. Ces termes successifs, ramenés à leur valeur actuelle, représentent 388 millions, soit 400 millions en nombre rond.

Si cette somme, au lieu d'être remboursable, constituait un sacrifice définitif, le montant total des subventions de l'État serait de 1 850 000 000. Quels sont les revenus directs ou les économies qu'il en retire?

M. Jacqmin en a fait le compte très-exact pour la compagnie de l'Est. Il trouve que le total des impôts s'élève, pour 1866, à 8 millions et celui des économies réalisées à 7 600 000 francs, soit ensemble et pour un seul réseau à 15 millions et demi.

D'après M. de Franqueville (*), on arrive pour l'ensemble des compagnies à un bénéfice annuel de 92 millions, soit de 7 440 francs par kilomètre. Si l'on ajoute moitié seulement de cette proportion pour les parties à construire, on trouve un total de 135 millions, qui représente 7 et demi p. 100 des sommes dépensées par l'État. Ces sommes sont donc, comme on l'a fait judicieusement remarquer, non pas une subvention, mais un placement (**).

En comparant le chiffre de ce bénéfice annuel à celui de la garantie d'intérêt, M. Jacqmin fait remarquer la complication d'un système qui conduit l'État à intervenir deux fois, d'abord pour imposer aux compagnies des dépenses assez lourdes dont il se dégrève, et ensuite pour leur garantir un minimum de revenus. Ne serait-il pas plus simple d'être à la

---

(*) Discours déjà cité.

(**) Si l'on examine la question du produit des chemins de fer, non plus au point de vue de l'intérêt du pays ou du trésor, mais au point de vue du revenu des capitaux que les compagnies y ont consacrés, on arrive à des résultats différents, suivant le réseau que l'on considère.

Il ressort d'un tableau inséré dans la chronique ci-après que l'ancien réseau rapporte 10 p. 100 de revenu net, et le nouveau réseau, seulement 1,80 p. 100. En 1866, la perte sur ce dernier réseau a été d'environ 90 millions. Elle a été supportée, savoir :

fois moins exigeant et moins libéral, de leur demander et de leur rendre moins de services? Pourquoi l'État ne payerait-il pas, comme en Angleterre, à prix débattus, le transport de ses dépêches, de ses prisonniers, des soldats et marins, tout en diminuant et supprimant peut-être par une pondération justement établie sa garantie, qui contient en elle-même un principe dangereux d'irresponsabilité? Ce virement serait fécond en avantages de toutes sortes. Les administrations publiques solderaient elles-mêmes leurs dépenses sur leurs crédits particuliers, et rechercheraient des économies dont elles ont moins à se soucier aujourd'hui, en même temps que le budget gagnerait en clarté et que le public se rendrait compte pour chaque service du chiffre de ses produits nets ou de ses dépenses réelles aujourd'hui masqué par la fiction de la gratuité. De leur côté, les compagnies ne verraient plus leur gestion abritée derrière une garantie qui n'existe nulle part dans l'industrie, et qui serait la destruction de tout progrès, si elle venait à y faire son chemin.

En résumé, diminuer l'immixtion de l'État, simplifier et éclairer le mécanisme budgétaire et laisser la dépense où elle se fait, tels seraient les principaux résultats de la me-

---

Par l'État, comme garantie d'intérêt, pour.	30 millions
Par le capital de premier établissement, sur lequel on a imputé, aux termes de la convention de 1859, les intérêts et l'amortissement des lignes non encore livrées à l'exploitation, jusqu'à concurrence d'une somme de	20 —
Enfin, par les bénéfices de l'ancien réseau pour une somme de . . . . qui représente à la fois « *le déversement* », et le payement de la différence entre le taux d'émission des obligations et le taux garanti par l'État.	40 —
Total pareil.	90 millions

Cette improductivité relative du capital absorbé par le nouveau réseau, semble de nature à commander une réserve prudente dans l'extension des lignes qui doivent s'y ajouter.

Digitized by Google

sure dont M. Jacqmin signale l'opportunité, mais qui pourrait, on ne doit pas se le dissimuler, entraver dans une certaine mesure le développement du nouveau réseau, si puissamment servi par le système actuel.

D'après ce qui précède, on a pu se convaincre que le livre dont nous présentons la rapide analyse ne se borne pas à exposer les faits qui concernent l'exploitation et son état actuel. Il va plus loin et appelle la méditation de ses lecteurs sur les améliorations dont ce grand service lui semble susceptible (*). C'est un nouveau titre par lequel il se recommande à l'attention publique.

A raison de la position de son auteur, un tel ouvrage pourrait être suspect de partialité pour les compagnies. M. Jacqmin a su généralement se garder de donner contre cet écueil. Cependant une critique chagrine trouverait encore à signaler dans quelques passages de son livre des tendances optimistes et des appréciations un peu complaisantes de la situation actuelle. Peut-être à ce sujet serait-il bon de fondre quelques teintes et de repousser moins résolûment certaines espérances que l'avenir pourra se charger de justifier. Peut-être aussi serait-on fondé à désirer que dans les considérations générales, les autres modes de transport obtinssent la justice qui leur est due. Ainsi, il serait particulièrement intéressant de voir définis et précisés les rôles respectifs des chemins de fer et des canaux, de suivre leur lutte et ses diverses vicissitudes, enfin de rechercher

(*) Dans un ordre d'idées qui sort un peu de notre cadre, M. Jacqmin signale aux pouvoirs publics le problème de la suppression de bon nombre de subdivisions administratives et judiciaires, qui ont été établies à une époque de communications très-difficiles entre les diverses parties du territoire, et d'un même département, mais qui n'ont plus les mêmes raisons d'être avec les facilités chaque jour plus grandes résultant de la télégraphie électrique et des chemins de fer. — On obtiendrait ainsi, d'un seul coup, plusieurs avantages importants : la simplification de l'administration, la réduction du nombre des employés de l'État et l'amélioration de leur traitement.

dans quelle mesure les voies d'eau et de fer doivent se partager les encouragements et les subventions de l'État.

Ce n'est pas le seul côté par lequel nous demanderions à l'auteur d'élargir son cadre dans une nouvelle édition. Il a pris d'habitude ses exemples dans la compagnie de l'Est, dont les errements lui sont familiers. Mais il nous semble que son ouvrage gagnerait en généralisation et en autorité, s'il faisait plus d'emprunts à la pratique de toutes les compagnies indistinctement.

Nous ne voudrions pas terminer sur une critique, si modeste qu'elle fût, cette notice où nous avons cherché à faire ressortir les principaux traits de la publication que nous venons d'analyser. Mais nous résumerons notre impression en répétant ce que nous disions au début de cette étude : Ce livre est un de ceux qu'il faut lire, car il a l'heureux privilége d'instruire et de faire penser.

Paris, 6 avril 1868.

Digitized by

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES.

CHRONIQUE.

Août 1868.

SOMMAIRE. — Chemin de Vitré à Fougères. — Vente de bois en Corse. — Mont Cenis. — Bibliographie. — Résultat de l'exploitation des chemins de fer français. — Bulletin bibliographique.

Chemin de fer de Vitré à Fougères. — Les chemins de fer secondaires sont aujourd'hui l'une des préoccupations les plus sérieuses du public et des ingénieurs; nous faisons appel à nos camarades pour mettre sous les yeux de nos lecteurs le fruit de leur expérience ou de leurs réflexions sur cette matière.

M. Debauge, ingénieur-conseil de la compagnie anonyme du chemin de fer de Vitré à Fougères, a bien voulu me remettre, à la demande de M. E. Thil, l'un des membres du conseil d'administration de cette compagnie, une collection de documents imprimés relatifs à cette entreprise intéressante.

Les chiffres suivants sont empruntés à ces documents, que le défaut d'espace ne permet malheureusement pas de reproduire entièrement ici.

Le chemin de fer de Vitré à Fougères a été l'un des premiers appelés à profiter (*) de la loi du 12 juillet 1865 relative aux chemins de fer d'intérêt local : il est aujourd'hui en exploitation, et l'on peut citer avec certitude les chiffres de ses dépenses de construction et d'installation de matériel fixe et roulant.

Les projets ont été soumis au conseil général des ponts et chaussées et approuvés par lui : les travaux offrent, par conséquent, toutes les garanties désirables de solidité et de sécurité.

(*) Voir *Annales* lois, etc., 1866 page 188.

Digitized by Google

La voie du chemin de fer de Fougères a 1m.50 de largeur, comme celle de tous nos chemins de fer, les pentes n'excèdent pas 0m.015 par mètre, et les rayons des courbes ne descendent pas au-dessous de 300 mètres. Sous ce rapport, le chemin de Vitré ne diffère pas des autres lignes du troisième réseau. Mais ce qui le distingue, c'est la modicité de son prix d'établissement qui, tout compris, frais généraux, personnel, intérêts payés pendant la construction, terrains, terrassements, ouvrages d'art, voies de fer, stations et matériel roulant, ne dépasse pas 2 500 000 francs pour 37 kilomètres, soit environ 67 500 francs par kilomètre.

Ce chiffre est de beaucoup inférieur à tous ceux cités, à ma connaissance du moins, pour les chemins de fer les plus économiques. Il mérite une sérieuse attention au moment où les chemins de fer d'intérêt local excitent en France de si nombreuses et si graves préoccupations. Une semblable réduction sur le prix d'établissement des chemins de fer d'intérêt local permettrait d'entreprendre certaines lignes qu'il paraîtrait imprudent d'exécuter dans les conditions habituelles de ces opérations.

Voici du reste comment M. Debauge lui-même analyse les dépenses de la ligne de Vitré.

Les frais généraux d'administration, comprenant les dépenses antérieures à la constitution, le conseil d'administration, les études définitives, le personnel, les frais de bureau et de location, ainsi que les intérêts payés pendant la construction, se sont élevés à 210000 francs, soit 5700 francs par kilomètre.

Les frais d'études définitives entrent dans ce chiffre pour près de 700 francs par kilomètre, et le personnel de la surveillance des travaux, pour 1 700 francs environ ; les intérêts et commissions de banque, pour 1 500 francs par kilomètre.

Les acquisitions de terrains ont, comme il arrive souvent, donné lieu à des mécomptes ; évaluées primitivement à 6000 francs, elles se sont élevées à 7 800 francs, par suite d'extensions données aux gares de Vitré et de Fougères, qui ont entraîné l'acquisition de terrains bâtis.

Les décisions des jurys, qui ont eu à régler 78 indemnités sur 207, ont aussi augmenté sensiblement les prix prévus.

Le prix moyen de l'hectare a été de 8 055 fr. dans l'arrondissement de Vitré, de 4 730 dans celui de Fougères, et de 6 595 pour la ligne entière.

Les terrassements ont donné lieu à un mouvement de terre de 262 600 mètres cubes, dont :

Digitized by Google

Pour la plate-forme du chemin.	220 000 mètres,	
Pour déviations et dérivations.	30 000	—
Pour l'emplacement des stations.	12 600	—

Les terres de première et deuxième espèce figurent dans ce total pour 230000 mètres cubes, et le rocher pour 32 000 mètres cubes seulement, de sorte que le prix moyen du mètre cube pour fouille, charge, transport et régalage, n'a pas atteint 1fr.20.

La dépense totale des terrassements s'est élevée à 300 000 francs, soit par kilomètre à 8.100 fr.

Dans cette partie de la Bretagne le sol est très-tourmenté. On avait à franchir deux faîtes, dont l'un sépare le bassin de la Manche de celui de l'Océan, pour redescendre ensuite dans des vallées sinueuses et encaissées. On se rendra compte des difficultés rencontrées en remarquant que le tracé qui part de Vitré à la cote 87m.60 pour arriver à Fougères à la cote 92m.92, n'a pu éviter de rencontrer sur son parcours les altitudes de 6m.7, 92m.75, 134m.55 et 70m.80. C'est ce qui explique l'allongement de 9 kilomètres qu'il présente sur la route directe de Vitré à Fougères qui n'a que 28 kilomètres, mais qui a des rampes considérables. Des études très-nombreuses et fort attentives ont seules permis de réduire à un chiffre aussi bas le cube des terrassements dans un pays aussi difficile.

Les ouvrages d'art sont nombreux; le tracé s'est appliqué à diminuer leur importance et, autant que possible, leur nombre. Mais on ne pouvait éviter de traverser la vallée de la Vilaine et ce passage devait nécessairement entraîner des travaux considérables, parce que, partant de la station de Vitré à la cote de 87m.60, on trouvait à peu de distance le thalweg de la vallée à la cote de 61m.60. Cette vallée a été franchie à 750 mètres de l'origine du chemin, en un point où elle ne présentait que 400 mètres de largeur; les études faites sur la manière la plus économique de la franchir, ont conduit à la construction d'un viaduc de 115 mètres de longeur et de 21 mètres de hauteur, séparant des remblais d'un cube total de 60 000 mètres.

Le viaduc, construit entièrement en maçonnerie, est composé de neuf arches en plein cintre de 10 mètres d'ouverture.

Sa construction a exigé l'emploi de 5 000 mètres cubes de maçonnerie: les angles, les voussoirs et les cordons sont en granit; les voûtes formées par des assises réglées, et les parements et tympans par des maçonneries en mosaïque sont en moellons granitiques; les remplissages, en moellons de schiste. Malgré le haut

Digitized by Google

prix de la maçonnerie d'appareil de granit, qui a été payé 81 francs et 105 francs le mètre cube, le viaduc n'est revenu qu'à 381 000 francs, dont voici le sous-détail :

Fouilles et épuisements.	9500 fr.
Maçonnerie de toute nature.	114680
Cintres pour location à forfait.	10000
Garde-corps en fer.	2695
Accessoires et divers.	1125
Total.	138000 fr.

Les autres ouvrages d'art se composent de :

Pont par dessus de 10 mètres d'ouverture.	1
Ponts par dessus de 4m,50 d'ouverture.	3
Ponts de 6 mètres d'ouverture.	3
Pont de 5 mètres d'ouverture.	1
Ponts de 4 mètres d'ouverture.	3
Ponteeau de 2 mètres d'ouverture.	1
Aqueducs de 1m.50 d'ouverture.	3
Aqueducs de 1 mètre d'ouverture.	11
Aqueducs de 0m.80 à 0m.70 d'ouverture.	20
Aqueducs de 0m,60 à 0m.40 d'ouverture.	18
Dallots, caniveaux et gargouilles.	30

L'ensemble de ces 94 ouvrages a coûté 100 550 francs, sur lesquels 12 ponts et ponceaux, dont 9 à superstructure métallique entrent pour 68 756 francs.

L'établissement de la plate-forme de la station de Vitré a nécessité la construction de 300 mètres de murs de soutenement, qui ont coûté 31 750 francs.

En résumé, le chapitre des ouvrages d'art à donné lieu à une dépense totale de 270 000 francs, soit 7 300 francs par kilomètre, dans laquelle le viaduc entre à lui seul pour plus de la moitié.

Il a été établi en outre 38 passages à niveau, qui ont porté à 42 le nombre des passages, soit en moyenne un passage par 880 mètres de longueur de chemin.

Le débouché linéaire total pour les écoulements d'eau est de 96 mètres, ce qui donne 2m.60 de débouché par kilomètre.

Le ballastage a été fait avec les matériaux rencontrés sur le tracé ou dans son voisinage, et se compose de pierres cassées, de schiste brisé et de sable granitique légèrement argileux. On en a employé en moyenne 1m.60 par mètre courant, au prix de 2f.73 le

mètre cube, ce qui constitue une dépense de 4 600 francs par kilomètre, en y comprenant le ballastage des stations.

La voie de fer est composée de rails Vignoles, du poids de 30 kilogrammes le mètre, éclissés aux joints et fixés par des crampons en fer sur des traverses en chêne, moyennement espacées de 1 mètre.

Elle est revenue à 21 francs le mètre courant, se décomposant ainsi :

	fr.
Traverse, en moyenne.	4.75
Rails, éclisses, boulons et crampons.	14.42
Sabotage, coltinages et pose.	1.83
Total.	21.00

Aux 37 000 mètres de la voie principale, on a eu à ajouter 2 400 mètres pour les voies des stations, ce qui a porté le prix du kilomètre de voie à 21 362 francs.

Le matériel fixe qui se compose de 17 changements de voie, de 8 plaques tournantes, de traversées de voie et divers accessoires, s'est élevé à 60 600 francs, soit 1 638 fancs par kilomètre.

La dépense totale du chapitre voie de fer et accessoires de la voie est de 888 000 francs, soit 24 000 francs par kilomètre.

Les stations se composent de deux gares assez complètes aux terminus de Vitré et Fougères, d'une station de minime importance vers le milieu de la ligne à Châtillon et de trois arrêts pour lesquels on utilise les maisons de garde des passages à niveau voisins.

Il a été construit onze maisons de garde et quinze guérites pour le service des passages à niveau.

Trois alimentations, avec cuves en tôle de 20 mètres cubes de capacité, ont été installées à Vitré, Fougères et Châtillon; les pompes des deux premières sont mises en mouvement par des moteurs à vapeur.

Trois grues fixes, de 3 000 et 6 000 kilogrammes de puissance, ont été placées sur les quais à marchandises de Vitré et Fougères, et une grue mobile de 6 000 kil. complète le service des manutentions.

Les dépenses totales de ce chapitre, qui comprend les bâtiments de toute nature des gares et stations, les maisons de garde, le mobilier des stations, grues, bascules, etc., la télégraphie électrique, le service de l'eau et les aménagements divers et clôtures des cours et abords, s'élèvent à 185 000 francs, soit 5 000 francs par kilomètre.

Pour le matériel roulant, M. Debauge s'est appliqué, comme

pour toutes les autres dépenses, à ne réunir dans les débuts de l'exploitation que le matériel indispensable aux premières prévisions du trafic; et en conséquence, il n'a été commandé que trois locomotives, quatre voitures à voyageurs et vingt wagons à marchandises.

Les locomotives ont été construites sur des projets spécialement étudiés, pour les besoins des chemins de fer d'intérêt local, par M. Forquenot; ce sont des machines tender à quatre roues, pesant 15 tonnes à vide.

Les quatres voitures à voyageurs se composent: de deux voitures mixtes à quatre compartiments, dont un de 1re à 10 places, un de 2me à 12 places et deux de 3me de 12 places chacun; elles pèsent 5 840 kilogrammes chacune; deux autres voitures ont en plus une impériale fermée, contenant 32 places de 3me classe et pèsent 7000 kilogrammes chacune; c'est donc en tout 248 places, dont l'exploitation peut disposer dans les quatre voitures livrées; il aurait fallu au moins sept des voitures ordinairement employées sur les grandes lignes pour les remplacer, et ces dernières auraient exigé des remisages plus étendus.

Les voitures sans impériale ont été livrées au prix de 7200 fr., et les voitures à impériale, au prix de 8 500 francs, ce qui met à 156 francs chaque place des premières et à 109 francs chaque place des secondes.

Les wagons à marchandises sont des mêmes types et dimensions que ceux du chemin de l'Ouest.

Le petit nombre de wagons à marchandises commandé tient à ce que le chemin de fer de Fougères ne doit être, en réalité, qu'un correspondant du chemin de l'Ouest, qui lui remet à Vitré les wagons chargés sur ses lignes en destination de Fougères et en reçoit ensuite les mêmes wagons rechargés, pour les ramener au delà de Vitré. Le matériel du chemin de Fougères ne doit donc servir qu'au trafic de station à station entre Fougères et Vitré, et au besoin à transporter les marchandises qui ne pourraient former un chargement complet, ou qui ne pourraient attendre l'arrivée du matériel de la grande ligne.

Le nombre des machines a paru suffisant, parce qu'il s'agit d'une exploitation en navette, dans laquelle trois trains dans chaque sens feront un parcours journalier de 222 kilomètres qu'on peut faire faire par une seule machine, et un parcours annuel de 81 000 kilomètres environ, ne donnant pour chaque machine qu'un travail de 27 000 kilomètres.

Il ne faut pas perdre de vue, enfin, qu'il s'agit d'un chemin

Digitized by Google

dont le trafic est évalué de 8 à 10.000 francs par kilomètre, et le mouvement journalier moyen à 106 tonnes de marchandises et 124 voyageurs, et qu'avec trois trains dans chaque sens, composés de 1 fourgon à bagages, 1 voiture à voyageurs de 46 ou 78 places, et 4 ou 5 wagons à marchandises chargés en moyenne de 5 tonnes, on fera facilement face aux nécessités du trafic.

Un chemin de fer d'intérêt local ne pouvant jamais entreprendre les grosses réparations de son matériel, on n'a commandé que les outils nécessaires pour un petit entretien, tels que : une machine à percer, un tour à chariot, un tour à engrenages avec banc de 6 mètres de long, une forge et les étaux et outils divers nécessaires pour le travail de la forge et de l'ajustage.

Les dépenses de ce chapitre se composent de :

3 locomotives.	90 000 fr.
4 voitures à voyageurs.	31 200
20 wagons à marchandises.	46 960
Atelier de réparations et divers.	16 900
Total.	185 060 fr.

soit 5,000 francs par kilomètre.

En résumant les divers chapitres de dépenses que l'on vient d'analyser on trouve :

DÉSIGNATION DES DÉPENSES.	DÉPENSES Totales.	DÉPENSES Par kilomètre.	PART pour 100.
	fr.	fr.	
1° Administration, personnel, frais généraux, etc	210 900	5 700	8.5
2° Acquisitions de terrains.	288 600	7 800	11.6
3° Terrassements	299 700	8 100	12.0
4° Ouvrages d'art.	270 100	7 300	10.8
5° Ballastage	170 200	4 600	6.8
6° Voie de fer et ses accessoires	888 000	24 000	35.5
7° Stations, constructions diverses, mobilier, etc.	185 000	5 000	7.4
8° Matériel roulant.	185 000	5 000	7.4
Totaux.	2 497 500	67 500	100.0

Il est à remarquer que dans la dépense totale de 2.500.000 fr., le dernier kilomètre, qui comprend les expropriations des terrains bâtis de la ville de Vitré, une tranchée dans le rocher et le viaduc de la Vilaine et ses abords, entre pour près de 500.000 francs, de sorte que les 36 kilomètres restant n'ont coûté que 2.000.000 fr. environ, soit 56.000 francs par kilomètre.

Digitized by Google

Vente de bois en Corse. — M. le ministre des finances a exprimé le désir que l'avis suivant soit inséré dans les *Annales :*

La direction générale des forêts fera mettre en vente au mois de septembre prochain, dans le 30e arrondissement forestier, département de la Corse, environ 161 000 mètres cubes (en grume) de bois de service ou d'industrie (pins lariccios, maritimes, hêtres), 365 000 stères de bois à carboniser (chênes-verts et makis).

Les coupes les plus importantes seront assises dans les forêts d'Aïtone et de Lonca (25 000 mètres cubes) vers le golfe de Porto; du Filosorma (60 000 stères) vers le golfe de Galeria; de la Rostonica (20 000 mètres cubes) près Corte; de San-Pietro di-Verde, Marmano, Ghisoni (9 000 mètres cubes) vers le port de Calzarello; de Vizzavona (15 000 mètres cubes) vers le golfe d'Ajaccio.

Les affiches indiquant les lieux et l'époque des adjudications et donnant le détail des divers lots sont actuellement publiées.

Tunnel des Alpes. — On lit dans le *Courrier des Alpes* : Sur les 12 220 mètres que représente la percée du mont Cenis, il y en a, à ce jour, 8 573m.70 forés, soit 3 422.70 du côté de France et 5 150 mètres du côté d'Italie. L'avancement est d'environ 2m.50 par jour d'une part et 2 mètres de l'autre, et l'on va réaliser encore une augmentation de vitesse. C'est donc en deux ans environ que le tunnel sera achevé.

BIBLIOGRAPHIE. — 1° *Études sur les signaux des chemins de fer à double voie, par* M. BRAME, *ingénieur des ponts et chaussées.* Paris, Dunod, 1867. — Les questions qui concernent la sécurité de l'exploitation des chemins de fer sont depuis longtemps à l'ordre du jour et préoccupent vivement les ingénieurs.

L'administration supérieure, désireuse d'arriver à atténuer les accidents que la multiplicité des voies ferrées et de leurs embranchements semble devoir rendre de plus en plus fréquents, a ordonné l'étude des moyens les plus propres à atteindre ce but.

Plusieurs combinaisons ou systèmes ont été déjà présentés; des expériences ont été prescrites pour en apprécier la valeur, et il n'est pas encore possible de porter un jugement définitif sur les résultats que l'on doit en attendre.

Dans ces recherches éminemment utiles et dont la gravité ne saurait être contestée, la question des signaux occupe une large place.

Persuadé que c'est de la bonne organisation de cette importante partie de l'outillage des chemins de fer que dépend la régularité

Digitized by Google

et par suite la sécurité du service, un de nos camarades, M. Brame, a fait une étude approfondie des signaux en usage sur les chemins de fer français.

Son travail, qui prend pour point de départ l'organisation des signaux sur le réseau du Nord, comprend trois divisions principales : les signaux fixes, les signaux mobiles et les signaux des trains. Chacune de ces grandes divisions est elle-même subdivisée de façon à embrasser jusqu'aux moindres détails, qui sont traités de la manière la plus complète et la plus sérieuse.

Le but que s'est proposé M. Brame, dans ce travail consciencieux, qu'il a su rendre intéressant même pour les personnes étrangères au service, a été d'indiquer les avantages ou les défauts des divers systèmes actuellement employés et surtout de signaler aux compagnies la possibilité et la nécessité d'uniformiser et de simplifier cette partie de leur service.

Les signaux français sont en effet trop compliqués et trop multiples pour qu'il n'en résulte pas quelquefois des erreurs dont les conséquences peuvent devenir funestes.

Qu'un employé, pour ne prendre qu'un exemple, vienne à changer de compagnie (et cette circonstance se présente fréquemment), il devra faire un nouvel apprentissage qui lui coûtera beaucoup de peine, sans permettre cependant de compter sur une sécurité absolue; dans un moment décisif, un souvenir de ses premières fonctions peut produire dans son esprit une confusion regrettable.

M. Brame n'a fait qu'indiquer ces considérations générales, qui sont l'idée mère de son travail, laissant à ses lecteurs le soin de développer les conséquences de l'organisation actuelle des signaux français et les avantages que trouveraient les compagnies à adopter des types uniformes qui seraient comme un langage universel compris des employés et du public.

Nous croyons devoir appeler d'une manière toute spéciale l'attention de nos lecteurs sur un travail conçu dans un but d'utilité toute pratique, et qui forme l'encyclopédie la plus complète du sujet auquel il est consacré.

2° *Notice sur la correction du Rhin en Suisse, par* M. Fraisse, *ingénieur, inspecteur fédéral pour la correction des eaux du Rhin et du Jura.* — Cet ouvrage renferme des détails intéressants au point de vue technique et au point de vue financier sur le travail de correction du Rhin en amont du lac de Constance. M. Michel a bien voulu en faire l'analyse que l'on va lire.

Le régime du Rhin comme fleuve de montagne cesse au pont de

Digitized by Google

Tardis, dans le canton des Grisons. De là jusqu'à son embouchure dans le lac de Constance, sur une longueur de 75 kilomètres, son régime est celui d'un fleuve de plaine, avec pente qui varie graduellement de 3.35 pour mille jusqu'à 2 dix-millièmes. Dans cette étendue, le Rhin occupe un lit d'une largeur irrégulière, variant de 150 à 600 mètres, dans une vaste plaine large elle-même de plusieurs kilomètres, et comprenant plus de cinquante villages.

Les profils en travers levés dans la plaine font voir que partout elle est moins élevée que le niveau des hautes eaux, et que même elle est souvent au-dessous du niveau des basses eaux. Il en résulte la formation de marais dont l'étendue augmente chaque année. La superficie du territoire exposé aux inondations est de 25 000 hectares.

Les travaux projetés se composent de deux parties distinctes : 1° le redressement des rives au moyen de digues longitudinales entre le pont de Tardis et Monstein, sur un parcours de 63 kilomètres ; 2° la correction du lit du fleuve pour augmenter la pente entre Monstein et le lac de Constance ; la distance est actuellement de 12 kilomètres. La rectification projetée la réduirait de plus de moitié.

La première partie seule est en exécution : les travaux consistent à resserrer le Rhin entre deux lignes de fortes digues parallèles, en lui laissant une largeur normale de 120 mètres, allant jusqu'à 150 mètres dans les sections inférieures. Ces digues en pierres sèches sont élevées à hauteur insubmersible.

En dehors de ces lignes parallèles, on élève à 50 ou 100 mètres de distance en arrière une seconde ligne de digues en terre tout à fait insubmersibles, destinées à préserver les campagnes des débordements accidentels.

L'exécution de ces travaux, évalués pour la rive suisse à 8 500 000 francs, a été décidée le 24 juillet 1862 par le gouvernement fédéral, qui a alloué aux cantons chargés de ces travaux une subvention du tiers de la dépense totale.

	fr.
Soit.	2 800 000
Le canton de Saint Gall fournit comme subvention.	2 000 000
Les vingt et une communes intéressées.	1 850 000
Enfin les propriétaires des 12 000 hectares qu'il s'agit de protéger.	1 850 000
Total.	8 500 000

Le canton organise les travaux et fait les avances nécessaires. La contribution des communes est fixée suivant une échelle qui

tient compte de l'étendue des rives, de la population, de la fortune territoriale, etc. Les particuliers sont taxés d'après un cadastre établi *ad hoc* et divisés en trois classes par des commissions fonctionnant sous l'autorité du tribunal cantonal. L'entretien est à la charge des communes, sous la responsabilité du canton.

Pour construire les digues, on commence par établir une risberme formée par un massif de grosses pierres posées sur un lit de fascinages en dessous des basses eaux. Ce massif, large de 2 à 4 mètres, haut de 1 mètre à 1^{m}.50, s'élève très-peu au-dessus des eaux moyennes. Il est submersible par les hautes eaux ordinaires; on le laisse une saison ou deux exposé au courant du fleuve; après quoi on élève en arrière la digue, avec talus à 45 degrés, d'une largeur de 3 mètres au sommet. Le talus de la digue, du côté du fleuve, s'appuie sur la risberme; il est revêtu de perrés de 60 à 90 centimètres d'épaisseur. Le corps de la digue est en gravier pris sur place. Le talus du côté des terres n'est revêtu que si l'on a à redouter des érosions locales.

Les levées construites en arrière des digues sont en terre, avec talus gazonnés ou plantés d'arbres. On leur donne 4 mètres d'épaisseur au sommet.

L'expérience de six années a justifié ces dispositions. Les affouillements au pied des risbermes ont été facilement réparés en les rechargeant; les digues se sont parfaitement maintenues. On constate des progrès très-considérables et très-encourageants dans l'état de la plaine. L'endiguement longitudinal a procuré l'approfondissement du lit par le resserrement convenable du fleuve; aussi les populations satisfaites poussent les travaux avec zèle sur toute la ligne.

La seconde partie des travaux n'est malheureusement pas aussi avancée. Des difficultés diplomatiques arrêtent l'approbation du projet, qui consiste à faire deux coupures, l'une de 5 045 mètres sur le territoire suisse, et l'autre de 4 552 mètres sur le territoire autrichien. Il en résultera un déplacement des limites des deux territoires dont le Rhin jusqu'à présent forme les frontières respectives.

La dépense du projet est estimée à 5 405 000 francs pour la Suisse. On a évalué à 2^{m}.80 au moins l'abaissement de niveau que l'on obtiendra en amont des coupures. On comprend que l'effet s'en fera sentir utilement bien plus loin encore ; aussi doit-on regretter les lenteurs apportées à l'adoption d'un projet qui intéresse à un tel point les deux pays.

Des mesures financières analogues à celles qui sont admises pour les travaux de correction du Rhin sont en vigueur pour la correction du Rhône dans le Valais.

Le devis s'élève à 7 906 000 francs, sur lesquels la Confédération alloue au canton une subvention de 2 640 000 francs. Les travaux commencés depuis six ans doivent être terminés dans un délai de six ans, comme ceux du Rhin.

Enfin on vient de décider l'exécution d'une autre entreprise considérable, *la correction des eaux du Jura*. Ce travail intéresse cinq cantons; il aura pour résultat d'assainir et de mettre en valeur 24 000 hectares de terrains marécageux, en assurant l'écoulement régulier des eaux des lacs de Bienne et de Neufchâtel. La dépense d'exécution sera de 15 à 18 millions de francs.

Dès cette année (1868), le canton de Berne doit commencer la rectification de l'Aar et de la Thielle sur son territoire.

La Confédération contribue à la dépense par une subvention de 5 millions. Les travaux à exécuter sur une longueur de plus de 100 kilomètres seront intéressants comme application pratique pour tous les ingénieurs qui s'occupent de questions hydrauliques.

On voit que la Suisse a décidé l'exécution de travaux d'assainissement, s'élevant ensemble à environ 40 millions, pour défendre 60 000 hectares de terrain.

Le gouvernement fédéral et les cantons intéressés n'ont pas hésité à entreprendre les travaux et à y consacrer des sommes considérables prélevées sur un budget restreint. Ils ne se sont pas demandé uniquement si la plus-value immédiate de revenu des terres couvrirait la rente du capital engagé. Ils ont pensé qu'il s'agissait là d'intérêts supérieurs à une simple question de produit net en argent; que la sécurité des habitants des villages, que la conquête de terrains improductifs et malsains, que la conservation d'une vallée à cultiver valait mieux que toutes les tentatives d'émigration ou de colonisation au dehors.

Au lieu d'une population chétive, misérable, clair-semée, on aura une population nombreuse, robuste et active. C'est à ce caractère que l'on reconnait la vraie civilisation, et nous devons souhaiter que l'exemple de nos voisins soit mis à profit sur certains points du territoire de la France. On oublie trop souvent que dans toute question d'assainissement il y a un autre point de vue à considérer que la mise en valeur du terrain : il y va de la santé, de la vie des populations, de la prospérité du pays tout entier.

« Ce sont, dit avec raison notre auteur, des conquêtes qui ne

Digitized by Google

« coûtent ni sang, ni deuils, et qui, tout en procurant de l'ouvrage « à un grand nombre de travailleurs de la génération actuelle, « préparent un nouveau champ d'activité régulière aux popula- « tions agricoles des générations suivantes. »

Résultat de l'exploitation des chemins de fer Français. — M. Cheysson, ingénieur des ponts et chaussées, nous communique le tableau suivant, où les résultats de l'exploitation des chemins de fer français en 1867 sont rapprochés de leurs dépenses d'établissement. Il en résulte que, si les capitaux employés trouvent une large rémunération dans les produits de l'ancien réseau (8 à 10 p. 100), ils n'en obtiennent qu'une bien insuffisante (moins de 2 p. 100) dans ceux du nouveau réseau. Par rapport au taux moyen d'émission des obligations (5,75 p. 100), c'est un écart d'environ 4 p. 100 d'intérêt, qui représente une perte annuelle de 120 millions sur les dépenses faites par ce réseau, à la date du 31 décembre 1865. Quand le nouveau réseau, étant terminé, la dépense en atteindra 5 milliards, la perte annuelle sera d'au moins 200 millions, si les mêmes faits se reproduisent.

TABLEAU.

RÉSULTATS DE L'EXPLOITATION.

Désignation des réseaux. 1		Longueur. 2	Dépenses effectuées au 31 décembre 1865 (*a*) ou à effectuer — à la charge de l'État. 3	à la charge des compagnies. 4	à la charge de divers. 5	Totales pour le réseau. 6	par kilomètre. 7	Revenu kilométrique en 1867 — brut (*b*). 8	net (*c*). 9	Taux de l'intérêt et de l'amortissement sur la dépense — totale. 10	des compagnies seulement. 11
Réseaux exploités le 31 déc. 1865.	Ancien réseau. .	7 633	685 730 342	2 984 709 008	41 644 010	3 712 083 360	488 000	66 412	40 000	8.2 p. 100	10.2 p. 100
	Nouveau réseau.	5 940	276 184 475	2 733 257 559	32 195 782	3 041 637 816	506 000	21 087	8 400	1.70 p. 100	1.80 p. 100
	Réseaux réunis. .	13 573	961 914 817	5 717 966 567	73 839 792	6 753 721 176	500 000 (*d*)	43 760	22 000	4.4 p. 100	5 p. 100
Complément à faire à partir du 31 déc. 1865.	Ancien réseau. .	1 887	108 517 625	500 609 523	3 147 866	612 275 014	325 000				
	Nouveau réseau.	4 977	327 472 548	1 269 764 624	9 119 776	1 606 356 948	320 000				
	Réseaux réunis.	6 864	435 990 173	1 770 374 147	12 267 642	2 218 631 962	322 000				
Réseaux construits et à construire.	Ancien réseau. .	9 520	794 247 967	3 845 318 531	44 791 876	4 324 358 374	449 000				
	Nouveau réseau.	10 917	603 657 023	4 003 022 183	41 315 558	4 647 994 764	431 929				
	Réseaux réunis.	20 437 (*e*)	1 397 904 990	7 848 340 714	86 107 434	8 972 353 138	440 000				

Observations.

(*a*) Les chiffres des colonnes 3, 4, 5 sont empruntés à la dernière publication officielle faite par le bureau de statistique centrale des chemins de fer, et intitulé : « *Documents financiers* » (1868). Ces documents s'arrêtent au 31 décembre 1865. (Page xx de la note préliminaire.)

Les chiffres de la colonne 2 sont extraits de la publication faite en 1867 par le même bureau « *Sur les chemins de fer français* » (pages 128 et 129, colonne 17).

(*b*) Les chiffres de la colonne 8 sont empruntés au tableau officiel des recettes de l'exploitation publiées au *Moniteur* du 13 mars 1868.

(*c*) Les chiffres du revenu net ont été calculés en supposant que ce revenu net est égal à 60 p. 100 du revenu brut pour l'ancien réseau, et à 40 p. 100 sur le nouveau réseau. Ce sont là les proportions généralement admises. Ces chiffres sont d'ailleurs les seuls du tableau qu'on ne puisse appuyer sur des documents officiels. Une légère erreur commise en plus ou en moins dans leur appréciation changerait peu les résultats à tirer du tableau.

(*d*) La dépense par kilomètre construit est moindre que celle qui répond à la longueur kilométrique exploitée, à cause des portions du réseau entamées, mais non encore livrées à l'exploitation. Une raison analogue réduit le prix de revient apparent des portions du réseau restant à construire. Le prix réel ressort, en moyenne, pour l'ancien et le nouveau réseau à 440 000 francs, dont 370 000 francs à la charge des compagnies, et 70 000 francs à la charge de l'État.

		kilomètr.
(*e*) Le développement du réseau des voies ferrées de l'empire français, qui figure à la colonne 2 ci-contre pour.		20 437
s'est modifié depuis la publication des documents officiels. Il ne comprend pas les concessions éventuelles, qui s'élevaient au 31 décembre 1865 à.	613	
et doit être réduit de la longueur de 4 lignes abandonnées par les concessionnaires, soit de.	502	
Différence à ajouter.		111
Réseau au 31 décembre 1867.		20 548
A reporter.		20 548

		kilomètr.
Report.		20 548
Il faut y ajouter : 1° la longueur des lignes concédées par les nouvelles conventions actuellement soumises au corps législatif et qui s'élèvent à.		1 464
Savoir : A titre définitif.	803	
A titre éventuel.	661	
Et 2° la longueur des lignes comprises dans le nouveau projet de loi, dont le *Moniteur* du 13 juin 1868 a publié l'exposé des motifs, d'où sont extraits ces chiffres. Ces nouvelles lignes mesurent ensemble.		1 369
Longueur totale.		23 381
Enfin, il convient encore de tenir compte des lignes d'intérêt local qui mesuraient au 31 décembre 1866.		214
et des chemins industriels longs à la même date de.		167
Total général.		23 762

En ne comptant toutes ces lignes supplémentaires qu'à 300 000 fr. par kilomètre en moyenne, on trouve qu'il faut ajouter aux dépenses ci-contre une somme de 1 milliard, ce qui porte la dépense totale du réseau à 10 milliards environ.

L. Cheysson,
Ingénieur des ponts et chaussées.

Paris, 14 juin 1868.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Atlas des mouvements généraux de l'atmosphère. Année 1864, juin-décembre. Rédigé par l'Observatoire impérial de Paris sur les documents fournis par les observatoires et les marines de la France et de l'étranger, publié sous les auspices du ministre de l'instruction publique avec le concours de l'association scientifique de France. In-folio à 3 col., 24 p. et 212 cartes.

Duponchel. Fertilisation des landes de Gascogne par les alluvions artificielles. Extrait d'un traité d'hydraulique et de géologie agricoles; par M. A. Duponchel, ingénieur des ponts et chaussées. In-8°, 20 p. et carte. Librairie Lacroix.

Rapports du jury international réunis par ordre de Son Exc. M. de Forcade La Roquette, ministre de l'agriculture, etc. Exposition universelle de 1867. Travaux publics et constructions civiles. In-8°, 458 p.

Annuaire du ministère de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, pour l'année 1868. In-8, 486 p. Librairie Dunod.

Couche. Voie, matériel roulant et exploitation technique des chemins de fer. Ouvrage suivi d'un appendice sur les travaux d'art; par M. C. Couche, inspecteur général des mines. T. 1. 2e fascicule. In-8°, 361-525 p. et pl. 22 à 35; lib. Dunod.

Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844, publiée par les ordres de M. le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics. T. 62. In-4° à 2 col., 431 p. et 60 pl., imp. impériale.

Statistique centrale des chemins de fer français. Chemins de fer français au 31 décembre 1867. Ministère de l'agriculture, du commerce et des travaux publics. Direction générale des ponts et chaussées et des chemins de fer. In-4°, 241 p. et 1 carte, imp. impériale.

Chaumonnot. Rivière de Seine. Étude sur la dérivation de Troyes; par A. Chaumonnot, conducteur des ponts et chaussées. In-8°, 226 p. et pl. Troyes, imp. Dufour-Bouquot.

Freycinet (de). Rapport supplémentaire sur l'assainissement industriel et municipal en France et à l'étranger; par M. Charles de Freycinet, ingénieur des mines. In-8°, 186 p. et 12 pl.; lib. Dunod.

Digitized by Google

Digitized by Google

N° 195

ÉTUDE

Sur le régime des eaux du bassin de la Seine pendant les crues du mois de septembre 1866.

Par M. E. BELGRAND, inspecteur général,

ET

M. G. LEMOINE, ingénieur ordinaire des ponts et chaussées.

Vers la fin du mois de septembre 1866, une grande partie de la France a été désolée par les inondations. Le bassin de la Loire a été le plus atteint. Par suite de sa constitution particulière, le bassin de la Seine a eu en moyenne moins à souffrir; cependant sur plusieurs points les pertes éprouvées y ont été considérables.

Nous croyons qu'il y a une importance réelle à ce que les grandes inondations qui ravagent si souvent notre pays soient étudiées d'une manière précise et détaillée. Les observations faites dans ces circonstances doivent ne pas tomber dans l'oubli; car elles peuvent avoir leur utilité lorsque des phénomènes analogues viennent à se reproduire. C'est pour ces motifs que nous avons cherché à résumer ici les documents recueillis par le service hydrométrique du bassin de la Seine pendant les grandes inondations de 1866.

§ I. — Hauteurs atteintes par les différents cours d'eau.

Caractères généraux de la crue de la Seine à Paris. — Ce serait se tromper gravement que de juger de ce qu'ont été

Digitized by

les crues des parties supérieures du bassin de la Seine par la hauteur que ce fleuve a atteinte à Paris. Son élévation y a été d'autant plus remarquée que la saison où elle s'est produite est généralement celle des plus basses eaux. Mais on exagérerait les proportions du phénomène si l'on y voyait pour la partie inférieure du bassin une véritable crue extraordinaire ; la Seine a éprouvé et peut éprouver encore des débordements bien autrement considérables ; en réalité, la crue du 29 septembre, à Paris, doit être considérée seulement comme une très-grande crue ordinaire. Elle a atteint, en effet, au pont de la Tournelle, la cote 5m.21, et au pont Royal la cote 6m.20.

Or, depuis 1732 on ne compte pas moins de trente-huit crues qui aient dépassé cette hauteur.

Crues de la Seine, à Paris, ayant dépassé **5m.21** *au pont de la Tournelle, depuis* **1732** *jusqu'à* **1866.**

DATES DES CRUES.		HAUTEURS à l'échelle du pont de la Tournelle	DATES DES CRUES.		HAUTEURS à l'échelle du pont de la Tournelle.
		mètres.			mètres.
1735	2 février.	5.58	1802	3 janvier.	7.45
1740	26 décembre. . . .	7.90	1806	17 janvier.	5.89
1747	1er mars.	5.55	1806	25 mars.	5.57
1749	17 février.	5.65	1807	3 mars.	6.70
1751	23 mars.	6.67	1811	20 février.	5.34
1751	18 avril.	5.90	1816	22 décembre. . . .	5.48
1756	20 janvier.	5.31	1817	13 mars.	6.30
1760	5 février.	5.85	1819	28 décembre.	5.69
1764	9 février.	6.90	1820	20 janvier.	5.59
1768	15 janvier.	5.36	1830	26 janvier.	5.70
1770	1er janvier.	5.68	1836	8 mai.	5.62
1770	25 janvier.	5.39	1836	16-17 décembre. . .	6.10
1770	29 novembre. . . .	5.36	1844	5 mars.	5.80
1774	2 février.	5.36	1845	26-27 décembre. . .	5.45
1774	4 mars.	5.52	1848	20 avril.	5.65
1783	10 mars.	5.55	1850	8 février.	6.05
1784	3-4 mars. . . .	6.66	1852	25 janvier.	5.25
1795	31 janvier.	5.36	1861	5 janvier.	5.60
1799	7 février.	6.97	1866	29 septembre. . . .	5.21

Le même phénomène météorologique qui n'a donné pour la Seine à Paris qu'une très-grande crue ordinaire, a produit sur la Loire une crue extraordinaire, puisqu'à Blois les

Digitized by Google

deux inondations de 1856 et de 1866 sont montées à peu près à la même hauteur. Ainsi, malgré la longue période d'humidité qui a précédé la crue, malgré l'énorme pluie qui lui a donné naissance, s'est trouvée confirmée cette grande loi naturelle d'après laquelle la Seine, à Paris, n'éprouve des crues tout à fait extraordinaires que pendant les mois d'hiver. La Loire, au contraire, où la proportion des terrains imperméables est bien plus considérable peut, par un phénomène météorologique isolé, atteindre ses plus grandes hauteurs dans toutes les saisons de l'année.

Cette différence essentielle entre les deux bassins est entièrement confirmée par les souvenirs historiques que M. Maurice Champion a si bien résumés (*). Ce n'est pas seulement en 1866 que la Loire, à l'époque ordinaire des sécheresses, a éprouvé une crue atteignant, même en aval, les plus grandes hauteurs observées. En 1586, à la fin de septembre, une crue tout à fait extraordinaire désolait Tours et Angers. La grande crue de 1707 avait lieu au commencement d'octobre; celle de 1846 avait son maximum à Tours dès le 22 octobre.

Au contraire, parmi les crues si nombreuses de la Seine, à Paris, citées par M. Champion, on n'en trouve *pas une seule* qui appartienne aux mois d'août, de septembre ou d'octobre.

Quoique moins formidable que la crue de la Loire, la crue de la Seine, en 1866, n'en est pas moins très-remarquable. La saison où elle a eu lieu et la simplicité du phénomène simultané qui l'a produite lui impriment un double caractère qui rend son étude toute particulièrement instructive.

1° Alimentée surtout par les sources des terrains perméables qui forment les trois quarts de l'étendue de son

(*) Les *Inondations en France*, 5 vol. in-8.

Digitized by Google

bassin, la Seine suit en moyenne le régime de ces sources et a la même période de basses eaux. Les hautes crues d'été y sont rares; les mois d'août et de septembre sont presque toujours ceux où la rivière atteint et conserve son plus bas niveau. Il faut des circonstances tout à fait exceptionnelles pour qu'il en soit autrement. Depuis le temps où l'on a des observations précises et continues, 1816 paraît être la seule année qui puisse se comparer à 1866. C'est ce dont on peut juger facilement en comparant les hauteurs des pluies d'été de ces deux années à celles d'une année moyenne.

	1816.	1866.	Année moyenne.
Juin	54 mill.	56 mill.	48 mill.
Juillet	97 —	87 —	39 —
Août	51 —	80 —	42 —
Septembre	63 —	83 —	44 —
Moyenne des 4 mois.	66 mill.	76 mill.	43 mill.

En 1816, comme en 1866, ces pluies d'été si nombreuses ont donné à la Seine, pendant cette période, une hauteur moyenne tout à fait inusitée. On a eu en 1816, de même qu'en 1866, une crue en septembre, mais elle est montée à 2m.92 seulement. La hauteur de 5m.21 atteinte au pont de la Tournelle par la crue de 1866 est incomparablement la plus haute de toutes celles qui ont été observées depuis l'année 1732 entre le 1er juin et le 15 octobre.

On en jugera par le tableau suivant où ont été résumées toutes les crues ayant dépassé une hauteur de 2m.50 entre le 1er juin et le 15 octobre.

Digitized by Google

Crues de la Seine, à Paris, ayant dépassé 2m.50 au pont de la Tournelle, entre le 1er juin et le 15 octobre, depuis 1732 jusqu'à 1866.

DATES DES CRUES.		HAUTEURS à l'échelle du pont de la Tournelle.	DATES DES CRUES.		HAUTEURS à l'échelle du pont de la Tournelle.
	XVIIIe SIÈCLE.	mètres.		XIXe SIÈCLE.	mètres.
1734	15 juillet.	2.63	1816	21 juin.	2.50
1750	6 juin.	2.84	1816	16 juillet.	3.59
1751	1er juin.	2.92	1816	20 juillet.	3.59
1754	12 juin.	2.52	1816	12-13 septembre. . .	2.92
1757	13 juin.	3.95	1829	20-25 septembre. . .	2.51
1758	3-4 août.	3.14	1829	12 octobre.	2.80
1783	2 juin.	2.54	1836	13 octobre.	3.20
1789	13 octobre.	2.60	1854	21-22 juin.	2.90
1797	5 juillet.	2.97	1856	4 juin.	4.10
			1856	8 juin.	3.70
			1860	18-19 octobre. . . .	2.58
			1866	29 septembre. . . .	5.21

Dans ce tableau, qui se rapporte à une période de 135 années, on ne trouve qu'une *seule* crue comprise entre le 1er juin et le 15 octobre, qui ait atteint au pont de la Tournelle la cote de 4 mètres, c'est celle du 4 juin 1856; les deux seules crues de septembre, celles de 1816 et de 1829, n'ont atteint que les cotes 2m.92 et 2m.51. On voit combien l'arrivée de l'équinoxe d'automne a peu d'influence immédiate sur les hauteurs de la Seine, à Paris. Aussi, on peut dire qu'eu égard au mois où elle s'est produite la crue du 29 septembre est un fait presque inouï qu'on ne reverra peut-être pas d'ici à plusieurs siècles.

2° Une autre particularité non moins remarquable de la crue du 29 septembre 1866, c'est d'avoir été produite par une seule crue des affluents. Non-seulement les débordements extraordinaires, mais même les grandes crues ordinaires de la Seine, à Paris, sont dus le plus souvent à une succession de crues des affluents, dont chacune arrive avant que la précédente ait cessé de faire sentir ses effets dans la partie inférieure du fleuve. On conçoit que dans ces conditions une succession de causes de médiocre importance

Digitized by Google

puisse produire, à Paris, des effets désastreux ; il faut, au contraire, un phénomène météorologique très-général, très-intense, et par conséquent très-rare, pour que d'un seul coup la Seine s'y élève à la hauteur observée au mois de septembre dernier. On en jugera par le tableau des crues qui, depuis 1732, ont dans l'un quelconque des mois de l'année été produites par une montée supérieure à 4 mètres, la Seine ayant éprouvé cette élévation seulement en trois ou quatre jours environ ; en raison de la simultanéité des oscillations des divers affluents et d'après une règle établie par de nombreuses observations, cette durée de la hausse, à Paris, correspond à l'arrivée d'une seule crue des cours d'eau supérieurs du bassin de la Seine.

Crues de la Seine, où la montée, produite par une seule crue générale des affluents, a dépassé 4 mètres.

ÉPOQUES DES CRUES.	MONTÉE totale.	HAUTEUR à l'échelle du pont de la Tournelle.	OBSERVATIONS.
	mètres.	mètres.	
Du 23 au 28 fév. 1784. .	4.55	6.25	La Seine qui ne marquait que $0^m.78$ le 23 février, était, dès le 25, à la cote $6^m.22$, et, le 28, à la cote $6^m.15$. Peu de jours après, un nouveau phénomène météorologique amena la cote $6^m.18$.
Du 30 au 31 janv. 1795.	4.20	5.36	Débâcle ; la rivière était restée gelée du 26 décembre au 30 janvier.
Du 25 au 26 janv. 1830.	4.50	5.70	Débâcle, la rivière était restée gelée du 29 décembre au 25 janvier.
Du 4 au 8 mai 1836. . .	4.20	5.62	Le 4 mai, la Seine ne marquait depuis plusieurs jours que $1^m.50$ le 5 mai, elle atteignait la cote $2^m.90$; le 6, la cote $3^m.90$; le 7, la cote $4^m.75$ et enfin le 8 mai, le maximum $5^m.62$.
Du 23 au 29 sept. 1866.	4.60	5.20	

Les crues provenant de débâcles ne peuvent, sous aucun rapport, être comparées aux trois autres crues du tableau. Parmi ces dernières, celle qui, sauf la saison, offre le plus d'analogie avec la crue de 1866 est celle de 1836 ; en même temps qu'elle, ont eu lieu de grandes inondations de la Loire.

Digitized by Google

Quoique la crue de 1866, à Paris, ait atteint un niveau inférieur de $0^m.40$ à celle de 1836, on peut remarquer qu'elle était en réalité au moins aussi forte, et que la différence tient simplement à la faiblesse du niveau d'où est partie la dernière crue; les montées ont été en effet, en 1836, de $4^m.20$ seulement, et, en 1866, de $4^m.60$. Si nous rappelons en outre que, dans la première de ces années, le bassin de la Marne avait éprouvé une crue extraordinaire et que, dans la dernière, il n'a eu qu'une crue moyenne, on pourra dès lors prévoir toute l'intensité des phénomènes météorologiques qui ont amené les débordements de cette année.

Nous allons voir, en effet, que sur plusieurs points du bassin de la Seine, et notamment sur les affluents de l'Yonne, les inondations, de même que celles de la Loire, ont atteint, sinon dépassé, tout ce qu'on avait vu jusqu'ici.

Crues des divers affluents de la Seine. — Les pluies qui ont donné lieu aux crues du mois de septembre 1866, se sont fait sentir sur toute l'étendue du bassin de la Seine, mais leur inégale intensité et les différences de constitution géologique des terrains ont fait varier notablement leurs effets.

1° En aval de Paris, on n'a eu à regretter aucune espèce de dégâts. Les divers cours d'eau ne se sont presque pas sentis des pluies. Auprès de Paris, Bercy, Ivry et plusieurs autres pays ont été inondés, mais la ville elle-même n'a pas sensiblement souffert.

2° Situés presque aux portes de Paris, les deux bassins secondaires du Loing et des cours d'eaux de la Brie, qui tous deux contiennent d'assez grandes étendues de terrains imperméables, ne participent souvent que faiblement aux grandes crues des affluents supérieurs de la Seine; en 1856, par exemple, le Grand-Morin ne s'est presque pas senti des

Digitized by Google

grandes crues du mois de mai, et le Loing lui-même n'a eu, à cette époque, qu'une crue assez ordinaire. En 1866, au contraire, le Grand-Morin a atteint, à Couilly, dès le 24 septembre, un maximum de 2m.85, hauteur déjà peu ordinaire, puisque depuis 1854 on ne compte que les quatre crues suivantes qui aient dépassé 2m.50 :

	mèt.
28 décembre 1860.	2.56
28 février 1860.	2.86
1er janvier 1861.	2.50
24 septembre 1866.	2.85

De même, le torrent qui passe près de la source de la Dhuis a éprouvé une crue qui a dépassé, dit-on, toutes celles qui avaient eu lieu depuis 1837. On peut donc dire que tous les torrents de la Brie ont participé aux phénomènes météorologiques qui ont marqué la fin de septembre 1866.

Dans le bassin du Loing, les effets des pluies ont été encore plus importants. Dès le 23 septembre, l'Ouanne, à Toucy, atteignait un maximum de 3m.32 au-dessus de l'étiage ; les seules crues qui, depuis 1854, aient dépassé 3 mètres, sont :

	mèt.
Celle du 27 janvier 1860, qui a atteint. . . .	3.14
Et celle du 20 mars 1866.	3.04

Sur le Loing, de même qu'en 1836 et en 1850, le hameau de Varennes et le village de Soupes ont été inondés ; le 24 septembre, à onze heures du soir, plus de soixante maisons ont eu jusqu'à 1m.20 d'eau dans les rez-de-chaussée. A Toucy, à Nemours, et à Montargis, les quartiers bas ont été inondés.

3° Le bassin de l'Yonne est celui où les inondations de 1866 rappellent le plus par leur intensité celles de la vallée de la Loire ; elles y ont occasionné des pertes très-sérieuses, qui eussent été bien autrement considérables si le phéno-

Digitized by Google

mène s'était produit avant les récoltes. Comme hauteur, les crues du bassin de l'Yonne ne le cèdent ni à celles de 1856, ni même à celles de 1836. Elles ont eu le caractère de crues extraordinaires dans toute l'étendue du bassin sans exception. Ce fait mérite d'être remarqué, car il n'est pas sans exemple qu'une crue extraordinaire de l'Yonne ne corresponde qu'à une crue moyenne de l'Armançon ou inversement. Cette particularité a fait que les grandes hauteurs observées à la partie supérieure du bassin se sont soutenues jusqu'en aval.

L'Yonne, à Clamecy, a atteint un maximum de 3m.15 le 25 septembre vers midi ; elle a surpassé ainsi les deux crues des 11 et 13 mai 1856, dont les hauteurs étaient seulement de 2m.70 et 2m.60. La Cure et le Cousin, soumis aux mêmes influences atmosphériques que l'Yonne, ont éprouvé des crues non moins remarquables. Le Cousin, à Avallon, a atteint 0m.20 au-dessus de la hauteur de 1856 ; la Cure, à Saint-Père, 0m.15 au-dessous, mais leur réunion a donné, à Arcy-sur-Cure, un niveau supérieur à celui de 1856 et inférieur de 0m.50 seulement à celui de mai 1836. A Arcy, plus de cent-cinquante maisons ont été inondées ; le niveau des eaux a surpassé celui de 1856 et n'a été inférieur que de 0m.50 a celui de mai 1836.

En aval d'Auxerre, la rencontre des crues énormes du Serein et de l'Armançon a soutenu l'Yonne à un niveau très-élevé dans tout son parcours. Aussi, dans toute la vallée, les inondations ont été considérables. Les villages de Bonnard et d'Épineau ont eu extrêmement à souffrir, à cause du voisinage des remblais du chemin de fer, qui surélevaient les eaux. En aval de Joigny notamment, les plaines ont été complétement submergées. Entre Sens et Montereau, le pont en fer de Misy a été emporté dans la nuit du 26 au 27 septembre. MM. les ingénieurs du canal du Nivernais et de la navigation de l'Yonne ont bien voulu nous transmettre l'évaluation suivante des avaries à réparer sur ces deux

voies navigables; cet exemple particulier peut faire juger de l'étendue des pertes générales :

Dans le département de la Nièvre.	126 000 fr.
— de l'Yonne.	67 000
— de Seine-et-Marne.	4 000
Total pour les travaux du canal du Nivernais et de l'Yonne navigable.	197 000 fr.

Dans les vallées du Serein et de l'Armançon, l'inondation semble avoir été relativement encore plus forte que dans celle de l'Yonne. Dans le département de la Côte-d'Or, la crue du Serein a atteint son maximum le 24 septembre dans l'après-midi; elle a dépassé de $0^m.60$ la crue de 1857; deux ponts ont été détruits; plusieurs villages ont eu leurs parties basses inondées. Il en a été de même dans le département de l'Yonne, où la petite ville de Noyers a eu tout particulièrement à souffrir; le 25, à onze heures du matin, la rivière atteignait son maximum à Chablis. En moyenne, la crue semble avoir dépassé de $0^m.50$ celle de 1856 et de $0^m.40$ celle de 1836.

L'Armançon, plus que toute autre rivière, a éprouvé une crue considérable; de même que pour le Serein, sa hauteur a dépassé non-seulement celle de 1856, mais même celle de 1836; elle a été en moyenne supérieure de $0^m.40$ à $0^m.50$ à cette dernière. Il est probable que pour trouver une crue supérieure, il faudrait remonter jusqu'à celle de juillet 1613, qui renversa cinquante maisons à Semur. L'affluent principal de l'Armançon, la Brenne, est entrée en crue en même temps que lui, et vers trois heures et demie du soir, le 24 septembre, elle dépassait, à Montbard, d'environ $1^m.50$ la hauteur de 1856. A Semur, l'élévation totale des eaux de l'Armançon a dépassé 5 mètres; la rivière, commençant à monter dès le 23 au soir, est sortie de son lit vers minuit et a atteint vers midi un maximum supérieur de $0^m.20$ à celui de 1856. A Aisy, la hauteur observée au-dessus de l'étiage a

Digitized by

été de $3^m.75$ (le 24 septembre, vers six heures du soir) ; la crue du 12 mai 1856 n'avait atteint que $3^m,12$. Dans plusieurs points de la vallée de l'Armançon, à Semur notamment, ces hauteurs extraordinaires ont produit jusqu'à des désastres. Les parties basses des villes de Montbard et de Tonnerre ont été inondées ; le village des Laumes a été envahi par la rivière d'Oze (le 24 septembre, à dix heures du soir). Le pont de Lezines, sur lequel la route impériale de Paris à Genève traverse l'Armançon, a été emporté par suite d'une insuffisance de débouché, malgré les 7 mètres d'ouverture de chacune de ses huit arches ; l'ouvrage a succombé par sa tête amont.

Plusieurs des rivières du département de la Côte-d'Or sont alimentées par des eaux issues de terrains perméables et auraient dû, ce semble, éprouver ainsi des crues relativement moins fortes que les rivières ayant, comme l'Armançon, leurs versants imperméables. Mais depuis le milieu du mois de juillet, et surtout dans le mois de septembre, les pluies avaient tellement imbibé le sol que les énormes pluies tombées les 23 et 24 septembre, en moins de quarante-huit heures, déterminèrent bientôt le gonflement des sources ; ainsi, à Tonnerre, la Fosse-Yonne alimentée par une vaste nappe souterraine située sous les formations oolithiques supérieures entrait en crue en même temps qu'arrivait le flot de l'Armançon. En outre, dans le département de la Côte-d'Or, les terrains perméables de la grande oolithe offrent à peu de profondeur une couche seulement à demi-perméable, la terre à foulon ; dans des pluies très-intenses, les cours d'eau tels que la haute Seine prennent ainsi un caractère mixte qui leur fait produire de fortes inondations. A Châtillon-sur-Seine, dès le 25 au matin, la Seine pénétrait dans les rues et s'y élevait à plus d'un mètre de hauteur ; elle atteignait, à dix heures du soir, à l'échelle du jardin de l'hôtel de ville, un maximum de $2^m.10$ au-dessus de l'étiage, cote sensiblement égale à celle de 1836,

où a eu lieu la plus forte crue connue à Châtillon; les eaux ne descendirent que lentement; ce ne fut que le 27 septembre que les rues de l'Isle et des Ponts furent enfin dégagées. Il n'est pas sans intérêt de remarquer qu'en 1856 la Seine n'avait que très-faiblement participé aux crues des autres rivières du département de la Côte-d'Or; à Gomméville, elle n'était montée que de la cote 0m.69 à la cote 0m.95, c'est-à-dire de 0m.26; en 1866, à la même station, elle est montée de 0m.45 à 1m.82, c'est-à-dire de 1m.37.

L'Ource et l'Aube issues, comme la Seine, dans le département de la Côte-d'Or, de terrains perméables, ont éprouvé également des crues considérables; ces crues ont été d'environ vingt-quatre heures en retard sur celle de la Seine; elles se sont, comme elle, retirées très-lentement. L'Ource a atteint sensiblement la même hauteur qu'en 1836; l'Aube, une hauteur moindre d'environ 0m.20.

La Barse et la Voire qui, dans le département de l'Aube, sortent de cette bande de terrains imperméables qu'on a comparés au talus extérieur des fortifications naturelles de Paris, ont également eu leurs crues. La Barse, à la Guillotière, a atteint la cote 1m.68; la Voire, à Rosnay, la cote 1m.72 : ces nombres sont les plus grands qui eussent été observés sur ces petites rivières depuis 1856.

4° Nous arrivons maintenant à la seconde moitié de la partie supérieure du bassin de la Seine, celle qui comprend le bassin de la Marne auquel nous rattacherons ceux de l'Aisne et de l'Oise. Les mêmes influences météorologiques s'y retrouvent, mais considérablement affaiblies; la Marne et les cours d'eau qui prennent leur source dans le même pays qu'elle n'ont éprouvé en quelque sorte que le contrecoup du phénomène qui s'est manifesté si intense dans les bassins de l'Yonne et de la Loire. En 1856, la différence avait été encore plus marquée. Cette distinction des deux

Digitized by Google

bassins secondaires, plusieurs fois signalée, a reçu ainsi une nouvelle confirmation.

La Marne, au sortir de terrains imperméables et à quelques lieues seulement de l'Aube, n'a éprouvé, à Chaumont, qu'une simple crue moyenne; la hauteur de 1m.12 qu'elle a atteint le 25 septembre n'a rien d'extraordinaire, puisque depuis 1854, on ne compte pas moins de vingt crues qui aient atteint ou dépassé un mètre au-dessus de l'étiage; on peut remarquer que cette hauteur maximum a eu lieu environ un jour plus tard que celle du Cousin ou de l'Armançon. Les terrains imperméables situés derrière Saint-Dizier n'ont pas donné plus d'eau que les précédents; la Marne y a atteint 3m.15, hauteur qui, depuis 1854, n'a pas été moins de neuf fois dépassée; aussi les renseignements qu'ont bien voulu nous fournir MM. les ingénieurs en chef ne mentionnent dans la Haute-Marne presque aucun dégât; tout s'est borné à la perte de la deuxième récolte des prairies inondées.

Les mêmes remarques s'appliquent à l'Aisne; le 25 septembre, à minuit, cette rivière atteignait, à Sainte-Menehould, la cote 1m.25, mais cette hauteur a été dépassée à quatorze reprises depuis 1854; elle n'a donc rien de véritablement extraordinaire; aussi, sur l'Aisne et les canaux qui s'y rattachent, la navigation n'a pas été interrompue un seul jour. L'Oise n'a pas eu beaucoup plus à souffrir; les eaux n'ont quitté leur lit d'une manière bien marquée qu'entre Chauny et le bac de Bellerive; à partir de Joinville, la navigation n'a pas même été interrompue.

Nous ne devons pas quitter le bassin de la Marne sans faire remarquer combien les pluies de la fin de septembre ont eu peu d'influence sur les cours d'eau propres aux terrains si perméables de la Champagne; le niveau de la Somme-Soude, à Conflans, n'est monté que de la cote 0m.90 à la cote 1m.16, quoique cette localité ait reçu des pluies énormes eu égard à son régime habituel.

Digitized by Google

Aperçus généraux en dehors du bassin de la Seine. — Les renseignements que plusieurs ingénieurs ont bien voulu nous communiquer nous permettent de compléter ce qui précède par l'examen rapide de ce qui s'est passé en dehors du bassin de la Seine.

Tous les pays qui, derrière les sources de l'Armançon et de l'Yonne se rattachent au bassin de la Loire ont souffert très-fortement des inondations. La Bourbince a fait d'effroyables ravages à Monceau-les-Mines, et ses eaux seraient entrées dans les mines, si l'on n'avait improvisé une digue à l'entrée. A Autun, un pont situé sur l'Arroux a été renversé.

Tout le monde sait que c'est dans les bassins de la Loire et de l'Allier que les inondations de 1866 ont été les plus terribles. Dans la Haute-Loire (Pl. 172, *fig.* 5), la crue a dépassé de 2 à 3 mètres, celle de 1856. On a estimé à 7.500.000 fr. le total des pertes subies par le département de la Haute-Loire (*). Une grande partie du bassin de la Garonne a été atteinte par les inondations. Les crues de la Lozère, du Lot, de la Dordogne ont causé les plus grands dommages; la crue de la Dordogne a été plus forte qu'aucune de celles dont on ait gardé le souvenir.

Le bassin du Rhône a presque complétement échappé à l'invasion du fléau : cependant en Savoie, dans la vallée qui conduit au Mont-Cenis, l'Arc a éprouvé une crue plus haute que toutes celles dont on ait gardé le souvenir. En Suisse, au-dessus du lac de Genève, le Rhône a débordé le 28 septembre et a dévasté les environs de Sion. A Altorf, la Reuss a débordé le 24.

Le bassin de la Saône n'a presque pas été atteint : les affluents qui descendent du Jura n'ont pas éprouvé de hausse notable. Il n'en a pas été de même des affluents de

(*) *Étude sur l'inondation du 24 septembre 1866 dans la Haute-Loire*, par M. de Brive.

la rive droite de la Saône : les crues n'ont pas été brusquement éteintes par la ligne de partage du bassin de la Seine, mais elles ne se sont propagées au delà de cette ligne que dans une zone peu étendue. L'Ouche a débordé à Dijon d'une façon extraordinaire : la Grosne a dépassé toutes les crues connues : la côte de Beaune a eu à souffrir des eaux. Le débit de ces divers affluents a fait monter la Saône à Châlon de 1^m.35, mais elle n'a pas débordé; du 24 au 27 septembre elle n'est montée que de 0^m.90.

Arrivons maintenant aux pays situés à l'est du bassin de la Seine.

Dans la zone qui est immédiatement au delà des versants de l'Oise et de la Marne, nous ne connaissons que la Sambre qui ait débordé : elle a éprouvé une forte crue, mais les dégâts se sont bornés à la perte des regains dans les prairies. L'Escaut, loin de produire des inondations, n'a éprouvé aucun mouvement remarquable.

La crue de la Meuse a été assez forte, mais en Alsace, il n'a presque pas plu.

Dans les cours d'eau de l'Allemagne du Nord, on retrouve d'abord les traces du phénomène qui s'est passé, en France, mais elles disparaissent complétement à mesure qu'on s'avance vers l'est. Du 20 au 30 septembre, la Moselle à Trèves monte de 1 mètre. Le Weser, l'Elbe et l'Oder n'éprouvent à peu près aucun mouvement.

Cette comparaison des différents cours d'eau du versant septentrional de l'Europe apparaîtra nettement dans son ensemble par l'examen de la *fig.* 7 de la planche 172 où se trouvent traduites en courbes un certain nombre d'observations hydrométriques françaises et allemandes.

En résumé, si l'on considère principalement le bassin de la Seine, on voit que c'est le bassin secondaire de l'Yonne joint à celui de la Haute-Seine, qui dans toute son étendue a eu à supporter des pertes sérieuses par suite de crues réellement extraordinaires : le bassin de la Marne a éprouvé

Digitized by Google

à peine de fortes crues moyennes. L'influence des pluies dont cette dernière contrée n'a subi que le contre-coup s'affaiblit de plus en plus à mesure qu'on va au delà. Derrière le bassin de l'Yonne, le phénomène ne s'est pas terminé à la ligne de partage : il se retrouve au delà de cette ligne dans le département de la Côte-d'Or, mais seulement dans une zone très-peu étendue. En allant plus loin à l'ouest, la continuité est encore plus manifeste, car dans tout ce qui dépend de la vallée de la Loire (*), l'élévation des cours d'eau a atteint les dernières limites. Une grande partie du bassin de la Garonne n'a pas été épargnée.

Caractères spéciaux et mode de progression des différentes crues (Pl. 172, *fig.* 1, 2, 3, 4, 6). — On vient de voir toute la généralité et la continuité de l'élévation des différents cours d'eau du bassin de la Seine. Les caractères spéciaux de chacun d'eux méritent aussi quelque attention.

Si l'on considère d'abord les petits cours d'eau assez près de leur origine pour que chaque bassin soit homogène dans sa constitution géologique, on retrouve avant tout l'influence des terrains perméables et imperméables. Cette distinction, fondamentale dans toutes les questions d'inondations (**) se manifeste avec une grande netteté dans toutes les observations faites sur les crues de septembre 1866. Le commencement de la crue et surtout le maximum de hauteur des cours d'eau à versants perméables ont eu lieu, dans une même région, très notablement après ceux des cours d'eau à versants imperméables : ces derniers ont eu des crues très-courtes, les autres des crues extrêmement longues. La Seine, à Châtillon, s'est élevée dans la nuit du 24 au 25 et a atteint son maximum le 25 à dix heures

(*) On doit remarquer cependant que près de Saint-Étienne le Furens n'a pas débordé.

(**) *Annales des ponts et chaussées :* année 1846, 2e semestre, page 129. — Année 1852, 1er semestre, page 1. — Année 1857, 1er semestre.

Digitized by Google

du soir; au contraire, dès le 24 au soir, l'Armançon, à Aisy, était à son maximum.

On se rend compte surtout de ces différences en examinant les courbes des hauteurs observées de six heures en six heures sur divers cours d'eau, pris chacun à peu de distance de leur origine. Les cours d'eau à versants imperméables, tels que le Cousin, l'Armançon, l'Ouanne, s'élèvent avec une extrême rapidité. La haute Seine, par suite de la demi-perméabilité des marnes de la terre à foulon et des terrains oxfordiens, présente un caractère mixte. La Somme-Soude, située au milieu d'un terrain complétement perméable, s'élève avec une extrême lenteur et d'une quantité extrêmement faible (voir Pl. 172, *fig.* 2), mais sa crue est d'une très-longue durée.

Les affluents à versants imperméables ont eu leurs crues très-troubles, ainsi que cela arrive toujours à cause de la rapidité d'entraînement des eaux torrentielles. Le temps pendant lequel ces eaux sont restées sales a été, comme d'habitude, très-variable selon la nature des terrains. Les sols imperméables d'argiles ou de granite présentent nécessairement, sous ce rapport, de grandes différences. Ainsi :

A Avallon, les eaux du Cousin ont été troubles les 23, 24, 25, et louches les 26, 27 et 28 septembre.

A Aisy, les eaux de l'Armançon, troubles les 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 septembre.

A Couilly, les eaux du Grand-Morin, troubles les 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, et louches le 30 septembre.

Les eaux des affluents à versants perméables de la Côte-d'Or, quoique ayant des crues assez élevées et de longue durée, n'ont été troubles que pendant deux ou trois jours et sont devenues parfaitement limpides. Les crues de ces cours d'eau étaient produites, on va le faire voir, par des sources éphémères qui jaillissaient au fond de vallées habituellement sèches.

Digitized by Google

Nous venons de caractériser les crues à l'origine des principaux cours d'eau : nous devons maintenant les suivre dans leur mouvement de propagation, et examiner comment les crues des affluents élémentaires se sont combinées pour former celles des cours d'eau principaux. Ce qui a été produit par un phénomène aussi général que celui de 1866 peut, en effet, donner d'utiles renseignements pour les cas analogues.

La figure 4 montre la loi de variations des hauteurs de l'Yonne à Clamecy, Mailly-la-Ville, Cravant, Auxerre et Sens. En comparant les courbes de l'Yonne à Mailly-la-Ville et Cravant, à celles du Cousin à Avallon et de la Cure à Arcy, on reconnaît que les maxima de ces deux affluents sont arrivés à Cravant environ douze heures avant celui de l'Yonne; il en est presque toujours ainsi, comme on l'a montré dans des publications antérieures. Cette particularité, due à la différence de longueur de l'Yonne avec le Cousin ou la Cure, rend la hauteur à l'aval bien moins grande qu'elle ne le serait si les crues arrivaient en même temps.

Nous n'avons pas de renseignements précis sur les heures d'arrivée des crues du Serain et de l'Armançon dans l'Yonne; il paraît seulement que les eaux des deux affluents sont arrivées à peu près au même moment que la crue de la rivière principale. Cette concordance mérite d'être remarquée à cause de la simultanéité des pluies torrentielles dans tout le bassin de l'Yonne.

A Auxerre, à Sens et à Montereau, la rivière n'est pas montée avec une continuité absolument parfaite; le niveau s'élève d'abord par suite des tributs des affluents torrentiels issus du pays lui-même, puis la crue de la partie supérieure du bassin arrive et produit la montée définitive, en faisant cesser l'espèce d'hésitation que semblait éprouver le phénomène.

Le maximum de la crue s'est propagé sur l'Armançon

Digitized by Google

avec une vitesse de 4 à 5 kilomètres à l'heure : sur l'Yonne, entre Sens et Montereau, avec une vitesse de $1^k.7$. On voit combien la rapidité de propagation du flot va en diminuant à mesure qu'on s'éloigne de la source.

La forme de la crue de la Somme-Soude à Conflans, de l'Ource à Autricourt, de la petite Seine à Bray et à Gomméville, fait voir la lenteur de l'élévation des cours d'eau à versants perméables. En même temps, apparaissent les différences locales propres à chaque bassin secondaire : la haute Seine qui, au-dessus de Gomméville, renferme dans la partie supérieure de son bassin des lambeaux assez étendus de terrains imperméables (lias), affecte dans sa montée une sorte de caractère mixte (*fig.* 3).

A Chaumont et à Saint-Dizier, la Marne a les allures d'un cours d'eau à versants imperméables. A la Chaussée, à 36 kilomètres de Saint-Dizier, l'influence modératrice des terrains perméables apparaît et ralentit extrêmement la période de descente de la crue. A Meaux et à Chalifert, un double phénomène se produit : la rivière monte d'abord, puis redescend assez vite, comme dans un cours d'eau à versants imperméables ; ce sont les affluents torrentiels de la Brie, le Grand et le Petit-Morin qui s'écoulent ; puis, en pleine période de descente, la crue de la partie supérieure arrive et présente les caractères habituels aux cours d'eau qui ont traversé les terrains perméables de la Champagne (*fig.* 2).

A Paris, une particularité très-remarquable s'est produite, analogue à celle que vient de nous présenter la Marne à Meaux et à Chalifert. Dès le 25 au soir, la Seine s'élève d'une manière continue jusqu'au 26 vers neuf heures du matin (*fig.* 6). A partir de ce moment, il y a baisse d'environ $0^m.70$ jusqu'au 27 au matin, à tel point qu'il semble permis d'espérer que la crue annoncée ne se réaliserait pas ; mais, dès le 27, les eaux des parties supérieures du bassin arrivent emportant avec elles tous les débris des campagnes

Digitized by Google

ravagées, et le 29 septembre au matin la crue atteint au pont Royal son maximum de $6^{m}.20$. Le temps d'arrêt subi du 26 au 27 était dû, sans aucun doute, à l'écoulement des eaux torrentielles du bassin du Loing et de la Brie qui avaient amené un premier maximum avant que les eaux de l'Yonne n'eussent eu le temps d'arriver pour produire le maximum principal. Ce phénomène n'est pas sans exemple, mais il est assez rare parce qu'il n'arrive pas toujours que les cours d'eau de la Brie et du bassin du Loing éprouvent des crues extraordinaires en même temps que les affluents supérieurs de l'Yonne. L'irrégularité de la montée de la Seine s'efface naturellement à mesure qu'on descend de Paris vers la mer (*fig.* 6).

Détails sur les crues observées en Bourgogne et sur la production des sources éphémères. — Pour compléter les indications qui précèdent, nous y ajouterons les observations détaillées faites par l'un de nous, qui à la fin du mois de septembre se trouvait à Guillon, pays situé sur les bords du Serein, dans le département de l'Yonne.

Le bassin du Serein est entièrement imperméable en amont de Guillon ; nous avons pu étudier, le 26 septembre, les terrains calcaires jurassiques perméables qui s'étendent entre les vallées du Serein et de l'Ource, en traversant celles de l'Armançon et de la Seine ; nos observations feront donc ressortir le constraste qui existe toujours entre les grandes crues des cours d'eau à versants perméables et imperméables.

1° La pluie commença à tomber à Guillon le dimanche 23 septembre à dix heures du matin, et continua sans interruption avec une grande violence jusqu'au lendemain à dix heures du soir; nous estimons que dans ces trente-six heures, il n'est pas tombé dans la localité moins de 100 millimètres d'eau (*). Après quelques heures de cette

(*) Au pluviomètre d'Avallon, on a recueilli $94^{mm}.45$ d'eau de pluie.

Digitized by

pluie violente, les flancs de la montagne de Mont-Faute, que nous avions sous les yeux, commencèrent à ruisseler de tous côtés. Chaque sillon de terre labourée devient bientôt un ruisseau; ainsi se vérifiait ce qui a été dit dans une précédente publication de l'impossibilité de tracer sur une carte tous les cours d'eau d'un terrain imperméable puisqu'en temps de pluie chaque sillon, dans les champs, devient un véritable ruisseau.

La rivière elle-même grossissait rapidement; ordinairement, en septembre, elle est à peu près à sec, parce que, son bassin étant entièrement imperméable, les sources y sont mal alimentées, surtout dans la saison chaude; mais en 1866, par suite des pluies continuelles de l'été, le 25 septembre avant la pluie, elle débitait environ 1 mètre cube d'eau par seconde.

Le 24, à sept heures du matin, le Serein commençait à déborder; il atteignait bientôt le sol de l'allée du parc de Courterolle qui longe la rive droite. De l'autre côté de la rivière, s'étend un immense déversoir qui avait sa chute complétement effacée; il était ainsi devenu l'un des éléments du lit dans lequel l'eau coulait avec une vitesse extraordinaire de 3 à 4 mètres; suivant notre estime, le débit était alors au moins de 150 mètres cubes par seconde; ainsi, en vingt et une heures, il était plus que centuplé.

L'eau montant toujours, le parc se trouvait envahi; on eut à peine le temps d'abattre 6 mètres de murs dans le but de donner une issue au torrent. A dix heures il y avait 1 mètre d'eau dans le jardin et 30 mètres de murs étaient renversés. Le niveau de l'eau continua à s'élever jusqu'à dix heures du soir; d'après nos observations le débit devait être alors de plus de 300 mètres cubes par seconde.

Le lendemain 25, dès le matin, le niveau de l'eau était déjà bien diminué. Le soir, le débordement avait presque cessé, et le 26 au matin la rivière était entièrement rentrée dans son lit. Le débordement avait donc duré quarante-huit

Digitized by Google

heures environ; il avait commencé vingt et une heures après la pluie, et cessait trente-trois heures après le rétablissement du beau temps.

Le 25 au matin, le ruissellement des champs avait cessé; la rivière, mal soutenue par les sources qui dans tout son bassin sont très-petites, rentrait naturellement dans son lit au fur et à mesure que les eaux torrentielles s'écoulaient.

2° Il était bien intéressant d'examiner ce qui se passait pendant ce temps à la surface des terrains perméables. Dès que le temps le permit, nous montâmes sur le plateau de la montagne de Mont-Faute qui forme une surface de 200 hectares environ entièment perméable. Quoique la pente de ce plateau soit assez forte, on ne voyait aucune trace de ruissellement à la surface du chapeau de calcaire à entroques (*oolithe inférieure*) qui le recouvre. Les 100 millimètres de pluies avaient donc été absorbés sur place. Mais qu'étaient devenus ces 200 000 mètres cubes d'eau tombés sur la montagne? Les flancs, ainsi que nous l'avons dit en commençant, sont imperméables; ils sont entièrement composés d'une argile compacte (*lias*) qui n'avait pu être traversée. L'eau s'était donc emmagasinée dans le chapeau calcaire qui couvre la montagne, et nous avons immédiatement constaté que ce réservoir se vidait rapidement par une multitude de sources éphémères qui jaillissaient sur tout le pourtour du plateau; la plus considérable de ces sources pouvait débiter 20 litres par seconde.

3° Le 26, les routes étant devenues praticables, nous avons pu faire des observations très-complètes sur les sources éphémères des calcaires oolithiques en traversant les montagnes qui séparent les quatre vallées du Serein, de l'Armançon, de la Laignes, de la Seine et de l'Ource.

Nous arrivions au faîte de partage qui sépare le Serein

Digitized by

de l'Armançon en remontant la petite vallée de Marmagne. Le lias et le calcaire à entroques qu'on rencontre d'abord en remontant cette vallée se trouvaient dans les mêmes conditions relatives qu'à Mont-Faute, c'est-à-dire que de nombreuses sources éphémères ruisselaient à leur ligne de contact.

Au-dessus se trouve un autre terrain, la *terre à foulon* (*fuller's earth*) composée de calcaire marneux alternant en assises minces avec des marnes blanches peu compactes. Ce terrain est moins perméable que le calcaire à entroques; néanmoins, l'eau ruisselle bien rarement à sa surface. La petite vallée que nous suivions entre les villages de Santigny et de Vassy est habituellement sèche, même à la suite de grandes pluies. Mais le 26 septembre, son thalweg était occupé par un limpide ruisseau, et en remontant on arrivait à une source considérable sortant au milieu d'un champ ordinairement aride. Une dépression sans issue du voisinage était alors convertie en un petit lac rempli d'une eau parfaitement limpide.

Du faîte de partage, on descend dans la vallée de l'Armançon en suivant le ruisseau de Bornant qui y débouche un peu en amont de la station d'Aisy (chemin de fer de Lyon). L'ordre des terrains dans ce trajet est renversé. En descendant le long du Bornant, on trouve d'abord, à partir de la ligne de faîte, le lias et son chapeau de calcaire à entroques; c'est à la ligne de contact de ces deux terrains que sortent les sources du village d'Anstrudes (autrefois Bierry-les-Belles-Fontaines), qui en temps ordinaire alimentent seules le ruisseau de Bornant. Le jour de notre visite, ces sources étaient en forte crue et ne débitaient pas moins de 1 mètre cube par seconde. A 3 kilomètres d'Austrudes, au moulin de Chevigny-le-Désert, le lias et le calcaire à entroques, par l'effet d'une faille, s'enfoncent sous le sol, et la terre à foulon occupe le fond de la vallée. Les masses puissantes de la grande oolithe s'élèvent au-dessus à une hauteur considérable; ha-

bituellement, le pied des coteaux est complétement aride, et à l'exception d'une petite source qui jaillit de la faille, un peu à l'aval du moulin, il n'en sort pas une seule goutte d'eau.

Mais le 26 septembre l'état des lieux était bien changé ; des sources énormes bouillonnaient partout au pied des coteaux ; la petite source du moulin de Chevigny était devenue un fort ruisseau : le fossé de la route, ordinairement à sec, était entièrement rempli d'une eau limpide qui débordait sur la chaussée. Au pied de la ferme de Bornant, cinq grandes sources jaillissaient en s'élevant au-dessus du sol comme les panaches des fontaines de la Concorde, mais bien plus abondantes ; la portée du ruisseau de Bornant qui, en temps ordinaire, ne dépasse pas quelques centaines de litres, s'élevait ce jour-là à plus de 10 mètres cubes. Les prairies riveraines étaient submergées, et l'eau limpide qui les recouvrait laissait voir jusqu'au moindre brin d'herbe.

L'Armançon était encore débordé et couvrait d'eau fangeuse tout le fond de la vallée. Néanmoins son niveau s'était déjà abaissé de plus d'un mètre.

4° Nous avons passé de la vallée de l'Armançon à celle de Laignes, par le chemin de fer de Nuits-sous-Ravière à Châtillon-sur-Seine. Dans la petite vallée que suit ce chemin, une dernière source de la terre à foulon était en grande crue ; mais bientôt les assises puissantes et fendillées de la grande oolithe remplacent les calcaires marneux, et la vallée, le jour de notre passage, était complétement sèche jusqu'au plateau de Sennevoy.

Sur ce plateau la grande oolithe a disparu sous les assises marneuses de l'argile d'Oxford, terrain demi-perméable physiquement semblable à la terre à foulon, c'est-à-dire composé de calcaires argileux alternant avec des marnes blanchâtres.

Digitized by Google

Même en temps ordinaire, l'absorption des eaux est incomplète, et, au fond de chaque vallée principale, une source énorme jaillit au contact des deux terrains. Telles sont les sources de Laignes qui donnent une nouvelle vie à la rivière de ce nom, à sec en tout temps dans la traversée de la grande oolithe, la Douix dans la vallée de la Seine à Châtillon, la source de Brion dans la vallée de l'Ource, etc. Le 26 septembre, un volume d'eau considérable regorgeait dans chaque vallée à cette ligne de contact; la Laignes était en forte crue; le petit ruisseau alimenté par les sources de Bissey-la-Pierre couvrait toute la prairie. Mais, en approchant de la vallée de la Seine, les vallées de la grande oolithe que traverse le chemin de fer étaient sèches comme à l'ordinaire.

En arrivant à Châtillon, nous trouvâmes la Seine débordée, et l'eau était à peine louche.

5° Le trajet de la vallée de la Seine à celle de l'Ource ne présentait rien de particulier. Le creux Minchard, seule vallée secondaire qu'on traverse, ouverte dans la grande oolithe, était sèche comme à l'ordinaire. Mais en suivant la vallée de l'Ource, depuis Brion jusqu'à Champigny, nous constatâmes l'existence de sources éphémères d'un autre genre.

Entre Brion et Grancey, sur 12 kilomètres de longueur, la vallée de l'Ource, ouverte dans les terrains mous de l'argile d'Oxford, a une largeur considérable, et de nombreuses vallées secondaires s'ouvrent en pattes d'oie dans les collines qui la bordent.

Les plus grandes de ces vallées secondaires ont, au point de vue de l'hydrologie, un caractère bien remarquable.

Elles sont habituellement sèches; mais, à leur débouché dans la vallée principale, on remarque presque toujours une source énorme. Dans les temps pluvieux, une autre source jaillit tout à coup sur le thalweg à une altitude un

Digitized by Google

peu plus grande. Si la saison est très-humide, on voit surgir successivement une troisième source, puis une quatrième et ainsi de suite, toujours en remontant jusqu'au point où le thalweg de la vallée secondaire se relève brusquement avec une forte inclinaison et reste toujours sec. Ces sources éphémères cessent de couler dès que le temps se met au sec.

La route départementale n° 16, que nous suivions le 26 septembre, traverse deux de ces vallées.

La principale est celle de Riel-les-Eaux ; les sources éphémères y étaient tellement abondantes que le ponceau à triple ouverture établi sous la route était insuffisant, et que l'eau menaçait de déborder sur la chaussée.

L'Ource était complétement débordée ; la crue était aussi forte que celle du 4 mai 1836, c'est-à-dire qu'elle atteignait la limite des plus grandes eaux connues ; elle n'a été trouble que pendant deux jours ; elle atteignait son maximum à notre arrivée, c'est-à-dire le 26 vers quatre heures du soir, et elle était alors complétement limpide.

Le lendemain 27, sa limpidité était parfaite et, du haut d'une éminence voisine, on voyait les truites se promener sur les prairies inondées.

Les eaux se retirèrent lentement, et, le 1er octobre, une bonne partie des prés était encore sous l'eau ; la crue n'a pas duré moins d'une quinzaine de jours.

Nous estimons que la portée maximum était d'environ 60 mètres cubes par seconde. La superficie du bassin en amont du point où nous étions alors est de 520 kilomètres carrés environ.

Ce qui précède fait comprendre immédiatement l'existence de ces crues complétement limpides qui paraissent si singulières au premier abord.

On vient de voir que les sources éphémères des terrains jurassiques de la chaîne de la Côte-d'Or se produisent :

Digitized by Google

1° Au contact du lias et du calcaire à Entroques;

2° Dans les calcaires marneux de la terre à foulon, lorsqu'ils occupent le fond des vallées;

3° Sur la ligne où la grande oolithe plonge sous l'Oxford-clay;

4° Sur le thalweg des vallées de l'Oxford-clay, même dans les vallées secondaires.

Considérons maintenant la vallée d'un des grands affluents de la Seine, de l'Ource, par exemple.

Depuis le faîte de partage jusqu'à Recey, la vallée est ouverte dans la terre à foulon;

Depuis Recey jusqu'à Froidvent, dans le lias couronné par le calcaire à Entroques;

Depuis Froidvent jusqu'à Vanvey, dans la terre à foulon.

A Brion se trouve le point d'enfoncement de la grande oolithe sous l'argile d'Oxford.

De Brion à Grancey, la vallée est ouverte dans les calcaires marneux de l'argile d'Oxford, avec longues vallées secondaires.

A partir de Grancey, la vallée se resserre, mais l'argile d'Oxford se montre encore au fond presque jusqu'à la jonction avec celle de la Seine.

Les sources éphémères pouvaient donc se produire partout, excepté dans la traversée de la grande oolithe de Vanvey à Brion.

On peut remarquer que les vallées de la Laignes, de la Seine, de l'Ource, de l'Aube, de l'Aujon, de la Suize, de la Saulx, de l'Ornain, sont ouvertes dans les mêmes formations calcaires.

D'un autre côté l'Yonne, la Cure, le Serein, l'Armançon et la Marne, en sortant des terrains imperméables où ils prennent leur origine, traversent aussi sur de grandes longueurs les terrains calcaires dont nous venons de par-

ler. On comprend donc sans peine l'importance des crues des sources de ces terrains, crues qui ne durent jamais moins de quinze jours, passent à Paris deux ou trois jours après les eaux torrentielles, et soutiennent ainsi les crues de la Seine.

Les crues tranquilles des cours d'eau de la craie sont relativement sans importance, et il résulte aujourd'hui de nos études que c'est aux crues des cours d'eau de la chaîne de la Côte-d'Or que celles de la Seine doivent leur caractère le plus saillant, celui d'être influencées par deux, trois, quatre et jusqu'à quinze crues successives des affluents.

Nous avons fait voir, dans des travaux antérieurs, que c'est à cela qu'il faut attribuer la rareté des grands débordements de la Seine à Paris, les seuls qui y soient véritablement désastreux et qui ne se reproduisent guère qu'une ou deux fois par siècle.

Essais hydrotimétriques des eaux de la Seine aux différentes périodes de la crue. — L'examen des différents cours d'eau du bassin de la Seine nous a montré comment, toujours et partout, les crues des cours d'eau des terrains imperméables s'écoulent avant celles des terrains perméables. Ce principe trouve une confirmation remarquable dans un ordre de faits tout différent : la composition chimique des eaux de la Seine aux différents moments de la crue.

Les eaux qui arrivent les premières n'ont fait, à leur origine, que couler à la surface de sols imperméables, souvent granitiques ; dans leur course rapide, elles ont pu entraîner des matières en suspension, mais il leur a été difficile de dissoudre beaucoup de sels. Les eaux des terrains perméables, au contraire, ont pénétré dans le sol et ont eu le temps de laver les formations calcaires dans une grande épaisseur. Aussi, au commencement de la crue, il y a un décroissement brusque dans la quantité de sels que les eaux de la Seine tiennent en dissolution ; mais à la fin elles en contiennent une très-forte proportion.

Digitized by Google

L'explication de ces variations peut se préciser davantage en partant des études antérieures faites par l'un de nous.

Les eaux de l'Yonne et de la Cure ne marquent à l'hydrotimètre que 1° ou 2° à leur sortie du Morvan. En traversant les terrains jurassiques et les terrains crétacés, elles atteignent jusqu'à 15° ou 16°.

Les eaux de l'Yonne n'en conservent pas moins une pureté considérable relativement aux sources des terrains oolithiques marneux; ces sources marquent, en effet, de 21°,5 à 34°.

Les eaux du Morvan mélangées à celles des autres terrains imperméables sont, au minimum, de trente-six heures, et, ordinairement, de quatre jours en avance sur la crue des sources. Dès lors, le degré hydrotimétrique doit diminuer quand la Seine commence à s'élever, puis remonter d'une manière relativement considérable par l'effet des eaux de source qui soutiennent la crue.

Ces variations accusent ainsi, de la manière la plus frappante, la diversité d'origine des eaux de la Seine aux diverses périodes d'une crue; elles sont indiquées dans le tableau suivant :

Digitized by Google

DATES.	DEGRÉ hydrotimétrique de la Seine, à Port-à-l'Anglais, en amont du confluent de la Marne.	DEGRÉ hydrotimétrique de la Seine, à Paris, près du quai d'Austerlitz.	OBSERVATIONS.
Moy. du 1er au 14 septembre.	degrés. 19.25	degrés. »	
15 —	19.50	»	
16 —	19.50	»	
17 —	19.50	21.21	
18 —	19.50	»	
19 —	19.50	»	
20 —	18.80	»	
21 —	18.80	»	
22 —	18.80	»	
23 —	18.80	»	Le 23 au soir, la
24 —	16.73	21.50	Seine commence à
25 —	15.98	»	monter
26 —	15.98	»	Le 26, premier
27 —	15.98	»	maximum dû aux
28 —	15.98	»	eaux torrentielles de
29 —	16.21	»	la Brie et du Loing.
30 —	16.21	»	Le 29, maximum
1er octobre.	18.56	21.50	définitif de la crue.
2 —	19.03	»	
3 —	19.55	»	
4 —	18.09	»	
5 —	18.33	»	
6 —	18.33	»	
7 —	20.21	»	
8 —	19.74	21.10	
9 —	19.74	»	
10 —	19.74	»	
11 —	19.97	»	
12 —	20.21	»	
13 —	»	»	
14 —	20.30	21.60	
15 —	»	»	

Ces nombres montrent combien, sur les rivières dont les eaux sont empruntées à un ensemble de terrains différents les uns des autres, la composition chimique de ces eaux peut offrir de variations. Il n'y a donc pas lieu de s'étonner des différences que l'on peut remarquer entre les analyses les plus exactes faites à différentes époques pour un même cours d'eau.

§ II. — Pluies qui ont produit les crues de 1866.

Pluies préparatoires. — La relation qui relie les hauteurs de pluie tombées aux variations des cours d'eau est en gé-

néral des plus compliquées : la pluie est quelquefois un phénomène local ; son intensité subit les plus grandes variations entre les points les plus rapprochés ; enfin, son influence sur les cours d'eau est dans une étroite dépendance avec l'état atmosphérique qui a précédé.

Ces complications s'amoindrissent pour les pluies qui ont produit les grandes crues de 1866 ; ces pluies avaient été, en effet, partout précédées d'une série de jours très-humides qui avaient humecté le sol et l'avaient préparé à déverser immédiatement dans les rivières toute l'eau venant en excès. C'est dans ces conditions que sont survenus les phénomènes météorologiques qui ont été si généraux et si intenses dans tout le bassin de la Seine, du 22 au 25 septembre ; les pluies abondantes de cette dernière période ont donc dû produire tous leurs effets.

On se rendra compte facilement de l'importance de ces pluies préparatoires, par les nombres suivants que nous bornons à quelques localités diversement situées dans le bassin de la Seine ; nous y joignons comme terme de comparaison l'indication de ce qui s'était passé à l'époque de la plus forte des deux crues éprouvées par l'Yonne dans le mois de mai 1856.

Crues de septembre 1866.

LOCALITÉS.	HAUTEURS DES PLUIES PRÉPARATOIRES.									TOTAL DES HAUTEURS de pluies tombées les 22, 23, 24 et 25 septembre 1866.
	Le 13	Le 14	Le 15	Le 16	Le 17	Le 18	Le 19	Le 20	Le 21	
	mm.	mm.	mm	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
Pannetière (Nièvre)	7.4	9.2	8.7	6.8	1.9	»	»	1.1	0.1	120.7
Vezelay.	14.5	3.4	7.0	»	32.9	1.9	»	»	1.6	100.6
Pouilly.	7.5	5.0	10.0	2.7	2.2	6.5	»	»	»	96.7
Châtillon-s-Seine	3.0	5.8	2 0	»	5.3	»	»	0.1	0.2	101.3
Chaumont (plateau)	3.4	4.1	11.8	4.6	1.2	7.5	»	»	0.3	89.0
Bar-le-Duc. . . .	4.0	8.2	0.3	2.0	3.7	»	»	0.1	7.2	60.6

Crues de mai 1856.										
LOCALITÉS.	HAUTEURS DES PLUIES PRÉPARATOIRES.									TOTAL DES HAUTEURS de pluie tombée les 10, 11, 12 et 13 mai 1856.
	Le 1	Le 2	Le 3	Le 4	Le 5	Le 6	Le 7	Le 8	Le 9	
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
Pannetière (Nièvre)	3.3	20.4	»	2.3	»	»	9.4	17.4	1.9	116.2
Vezelay.	»	»	»	»	»	»	5.7	7.3	0.7	90.2
Pouilly.	2.5	16.2	1.2	»	»	»	7.5	10.0	1.2	91.2

Quoique réparties sur un plus grand nombre de jours que celles de mai 1856, les pluies préparatoires de septembre 1866 n'en ont pas été moins efficaces pour saturer le sol d'humidité. En Bourgogne, la veille de la grande pluie du 23 septembre, le sol paraissait sec à la surface, car il n'était pas tombé de pluie depuis cinq jours, mais les vignerons se plaignaient de ce que l'humidité, restée en dessous, rendait très-fatigant le travail de la terre.

Pluies torrentielles. — Après ces pluies préparatoires, assez variables suivant les localités, sont arrivées les grandes pluies torrentielles et continues qui ont commencé dans la partie inférieure du bassin de la Seine dès le 21 et le 22 septembre, et qui ont atteint la partie supérieure dans les journées des 23 et 24 septembre. On trouve dans le tableau suivant les hauteurs totales de ces pluies observées dans les diverses stations du service hydrométrique et dans quelques autres localités situées en dehors du bassin de la Seine.

Digitized by Google

Tableau des hauteurs des pluies torrentielles (1) *correspondant aux crues du mois de septembre* 1866, *dans le bassin de la Seine.*

DÉSIGNATION des localités.	Altitude. (1)	Hauteur des pluies torrentielles (1). (2)	Hauteur de pluie moyenne année de 1861-65. (3)	Rapport n des nombres des colonnes 2 et 3. (4)	Hauteur de pluie annuelle en 1865. (5)	Rapport n' des nombres des colonnes 2 et 5. (6)
En dehors et au sud du bassin de la Seine.						
	mèt.	mm.	mm.		mm.	
Dijon.	»	55	»	»	»	»
Pont d'Ouche.	»	95	»	»	»	»
Saint-Jean de Losne.	»	16	»	»	»	»
Fontaine-Française.	»	31	»	»	»	»
Bourg en Bresse.	»	10	»	»	»	»
Lyon (fort Lamotte) (*).	»	20	»	»	»	»
Tarare (bassin du Rhône, près de la ligne de partage) (*).	»	89	»	»	»	»
Cublize (département du Rhône, bassin de la Loire) (*).	»	79	»	»	»	»
Montpezat (Ardèche) (**) (2).	1 000	131	1 884	0.07	1 860	0.07
Montbrison (**).	409	158	542	0.29	600	0 26
Roanne (**).	280	136	616	0.22	560	0.24
Le Puy (***).	625	169	646	0.26	590	0.28
Châtillon en Bazois (Nièvre).	»	133	»	»	»	»
Bassin de l'Yonne proprement dit.						
Les Settons (près des sources de la Cure).	597	151	1 526	0.10	1 656	0.09
Château-Chinon.	550	56	378	0.15	406	0.14
La Colancelle.	279	126	730	0.17	800	0.16
Pannetière.	277	121	735	0.16	719	0.17
Clamecy.	147	81	620	0.13	640	0.13
Vézelay.	»	101	712	0.14	791	0.13
Avallon.	240	95	576	0.16	617	0.15
Auxerre.	122	88	591	0.15	522	0.17

(1) Sauf indication contraire, on a inscrit dans la colonne (2) le total des hauteurs de pluie tombée dans les journées des 22, 23 et 24 septembre.

(2) Les nombres relatifs à Montpezat, Montbrison et Roanne ne s'appliquent qu'aux journées des 23, 24 et 25 septembre.

(*) Ces renseignements sont dus à l'obligeance de MM. Gobin et Fournet.

(**) Ces renseignements sont dus à l'obligeance de M. Gonthier, ingénieur à Saint-Étienne.

(***) Les renseignements relatifs au Puy sont dus à l'obligeance de M. Genty, ingénieur au Puy.

DÉSIGNATION des localités.	Altitude. (1)	Hauteur des pluies torrentielles. (2)	Hauteur de pluie moyenne année de 1861-65. (3)	Rapport n des nombres des colonnes 2 et 3. (4)	Hauteur de pluie annuelle en 1865. (5)	Rapport n' des nombres des colonnes 2 et 5. (6)
Bassins de l'Armançon et du Serein.						
	mèt.	mm.	mm.		mm.	
Saulieu	539	134	899	0.15	882	0.15
Pouilly	395	97	671	0.14	696	0.14
Grosbois	412	103	698	0.15	805	0.13
Thenissey (près Verrey)	300	105	695	0.15	779	0.13
Marigny	»	116	»	»	520	0.22
Semur	»	121	»	»	»	»
Montbard	218	104	589	0.18	593	0.17
Tonnerre	141	89	»	»	688	0.13
Chablis (1)	158	75?	582	?	598	?
Bassin de l'Yonne, entre Laroche et Montereau.						
Laroche	86	102	565	0.18	564	0.18
Joigny	82	69?	554	?	582	?
Sens	82	86	529	0.16	581	0.15
Saint-Martin (près Sens)	66	83	517	0.16	526	0.16
Bassin de la Seine proprement dit, au-dessus du confluent de la Marne.						
Chanceaux (Côte-d'Or)	»	124	845	0.15	891	0.14
Baigneux (Côte-d'Or)	»	119	»	»	»	»
Châtillon-sur-Seine	»	101	613	0.16	676	0.15
Bar-sur-Seine	157	79	890	0.09	927	0.09
Vendeuvre	165	64	763	0.08	786	0.08
Chaumesnil	147	35	562	0.06	420	0.08
Barberey (près Troyes)	98	75	392	0.19	335	0.22
Conflans (près Romilly)	»	61	365	0.17	342	0.18
Courbeton (près Montereau)	57	81	660	0.12	656	0.12
Melun	57	50	420	0.12	450	0.11
Bassin du Loing.						
La Jacqueminière (2), arrondissement de Montargis (*)	»	82	»	»	742	0.11
La Salvonnière, même arrondissement (*)	»	84	»	»	746	0.11
Toucy (Yonne) (3)	186	102	697	0.15	671	0.15

(1) A Chablis, l'eau a dépassé la cuvette du pluviomètre; le chiffre de 75 millimètres est donc probablement trop faible.

(2) Les hauteurs annuelles inscrites pour les stations de la Salvonnière et de la Jacqueminière ont été observées du 1[er] septembre 1865 au 1[er] septembre 1866; elles ne sont donc pas rigoureusement comparables aux nombres analogues des autres stations.

(3) Pour Toucy et les stations suivantes, on a inscrit dans la colonne (2) les hauteurs de pluie tombée dans les journées des 21, 22, 23 et 24 septembre.

(*) Les nombres relatifs à l'arrondissement de Montargis sont extraits de la note insérée par M. Becquerel dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* du 5 novembre 1866.

Digitized by Google

DÉSIGNATION des localités.	Altitude. (1)	Hauteurs des pluies torrentielles. (2)	Hauteur de pluie moyenne année de 1861-65. (3)	rapport n des nombres des colonnes 2 et 3. (4)	Hauteur de pluie annuelle en 1865. (5)	rapport n' des nombres des colonnes 2 et 5. (6)
Bassin de la Seine au-dessous du confluent de la Marne.						
	mèt.	mm.	mm.		mm.	
Saint-Maur (près Paris).	39	39	»	»	»	»
Paris.	»	35	474	0.07	542	0.06
Versailles.	»	32	»	»	»	»
Rouen.	44	24	»	»	724	0.03
Yvetot.	»	38	»	»	»	»
Caudebec.	92	35	»	»	»	»
Elbeuf.	»	22	»	»	»	»
Fécamp.	»	32	»	»	»	»
Le Havre.	»	35	»	»	»	»
Fatouville (phare du département de l'Eure).	96	49	734	0.07	832	0.06
Bassin de l'Oise.						
Pontoise.	»	26	442	0.06	504	0.05
Beauvais.	79	21	515	0.04	627	0.03
Venette (Compiègne).	41	30	410	0.07	459	0.07
Vauxrot (près Soissons).	51	50	»	»	449	0.11
Soissons.	»	50	»	»	»	»
Berry au Bac.	65	54	344	0.16	323	0.17
Laon.	185	56	602	0.09	633	0.09
Saint-Quentin.	»	40	»	»	»	»
Hirson (pied des Ardennes).	196	69	667	0.10	714	0.10
Sainte-Menehould.	145	45	»	»	»	»
Bassin de la Marne.						
Sommesous.	176	54	»	»	349	0,15
Vitry-le-François.	107	62	»	»	573	0,11
La Neuville-au-Pont (Haute-Marne).	138	63	»	»	558	0,11
Bar-le-Duc.	»	61	»	»	720	0,08
Vassy.	183	86	»	»	617	0,14
Joinville.	»	72	»	»	693	0,10
Chaumont (vallée).	256	71	»	»	701	0,10
Chaumont (plateau).	330	82	»	»	693	0,12
Langres (vallée).	339	47	»	»	911	0,05
Langres (plateau).	469	44	»	»	1013	0,04

(1) Pour Venette et les stations suivantes, on a inscrit dans la colonne (2) les hauteurs de pluie tombées dans les journées des 22, 23, 24 et 25 septembre.

Le tableau qui précède montre combien ont été générales et intenses les pluies qui ont donné lieu à l'inondation ; dans quelques localités leur hauteur, en deux jours à peine, va jusqu'au cinquième de la hauteur moyenne annuelle ;

Digitized by Google

dans la Côte-d'Or et la Nièvre, les chiffres ont au moins atteint ceux de 1856 que nous avons cités plus haut. Nous avons malheureusement ces anciennes observations en trop petit nombre pour permettre une comparaison étendue. Toutefois, les pluies torrentielles de 1856 paraissent avoir été bien moins générales que celles de 1866; la partie inférieure du bassin de la Seine s'en était encore moins sentie; tandis qu'à Toucy on a, du 21 au 25 septembre 1866 recueilli 102 millimètres d'eau, on n'en avait obtenu que 3mm.7 du 10 au 13 mai 1856; le bassin du Loing n'avait donc pas été atteint, tandis que cette année les inondations y ont amené presque des désastres.

Ce caractère de généralité se traduit également par la presque égalité des indications de pluviomètres très-rapprochés. On sait qu'à Paris, les différentes stations reçoivent pendant les fortes averses et même en moyenne des hauteurs de pluie notablement différentes. Cette fois, au contraire, toutes les indications ont été concordantes; on a recueilli, en effet, depuis le 21 septembre à 9h du matin jusqu'au 24 à 9h du matin :

	mill.
A l'Observatoire (terrasse)	33
A l'Observatoire (cour)	34
Aux réservoirs du Panthéon	35
— Saint-Victor	35
— de la rue de Vaugirard	33
— Passy	34
— Monceau	33
— La Villette	34
— Ménilmontant	33
A l'écluse de la Monnaie	31

Cette concordance est importante parce qu'elle prouve bien que les différences d'indications de ces pluviomètres, signalées dans d'autres circonstances, tiennent, non à la disposition ou à l'emplacement des instruments, mais seulement à l'extrême inégalité du phénomène de la pluie.

Digitized by Google

Les lois qui ont été signalées par l'un de nous sur le régime de la pluie dans le bassin de la Seine (*Annales des ponts et chaussées*, 1865, 2ᵉ semestre), se retrouvent la plupart dans le tableau qui précède; elles avaient été obtenues par la discussion des moyennes annuelles; on les voit ici se dégager d'un phénomène unique, mais général; ce n'est pas en effet exclusivement dans les moyennes, mais aussi et surtout dans des observations très-étendues de phénomènes généraux, que l'on doit chercher la plupart des lois de la météorologie :

1° L'influence prépondérante de l'altitude apparaît bien nettement dans la distribution des pluies de septembre. Sur les bords de la mer, à Fécamp, au Havre, à Fatouville, on a de 32 à 35 et 38 millimètres d'eau; presque aussitôt qu'on a quitté la mer, apparaît une diminution sensible; Rouen n'a que 24 millimètres, Pontoise que 29 millimètres. Paris et Saint-Maur ont déjà l'un 35, l'autre 39 millimètres. A partir de cette distance, et surtout en se dirigeant vers le haut des vallées de l'Yonne, de l'Armançon et de la Seine, les hauteurs de pluie vont en augmentant avec une très-grande rapidité; Saulieu reçoit 134 millimètres; la station des Settons, 151 millimètres; en allant plus loin, jusqu'aux sources de la Loire, on trouverait au Puy 169 millimètres. Les montagnes qui, dans le département du Rhône, forment la limite des bassins du Rhône et de la Loire, reçoivent aussi d'énormes quantités d'eau, mais les pluies ne vont pas beaucoup au delà; Lyon ne reçoit que 20 millimètres; derrière la ligne de partage de la Côte-d'Or, Saint-Jean-de-Losne ne reçoit que 16 millimètres; derrière les plateaux de Langres, on ne trouve à Vesoul que 8 millimètres.

2° Au milieu de ces faits généraux, se détachent les particularités propres à chaque localité. Deux pays voisins reçoivent souvent des moyennes de pluie très-différentes; ces variations se retrouvent assez généralement dans le

même ordre, en comparant les pluies torrentielles de septembre 1866 avec les hauteurs moyennes annuelles. On y remarque surtout le point singulier qu'offre la ville de Château-Chinon, si caractérisée par le minimum qu'elle présente : du 22 au 25 septembre, Château-Chinon a reçu 56 millimètres d'eau, tandis qu'aux Settons, à trois lieues de distance, il en tombait 151 millimètres. Pontoise a reçu comme d'habitude notablement moins d'eau que Paris : on a observé dans ces deux villes 26 et 35 millimètres.

3° On peut également remarquer que les pluies torrentielles réunies dans le tableau vérifient tout aussi bien que les moyennes de plusieurs années la loi approchée énoncée par M. l'ingénieur Fournié, d'après laquelle le rapport entre les hauteurs de pluie est un nombre constant pour deux stations *peu éloignées*. En effet, les nombres obtenus en divisant la hauteur des pluies torrentielles par la hauteur moyenne annuelle sont à peu près constants dans divers groupes de localités assez rapprochées les unes des autres (*) ; par exemple, dans les parties du bassin de la Seine comprises dans les départements de la Côte-d'Or et de la Nièvre, ce nombre oscille autour de la valeur 0.15 :

(*) Dans deux localités voisines A et B, désignons par a et b les hauteurs de pluie moyenne annuelle, par a' et b' les hauteurs des pluies torrentielles : les nombres inscrits dans les tableaux sont les quotients $\frac{a'}{a}$ et $\frac{b'}{b}$. Si l'on a, comme nous le faisons remarquer, l'égalité $\frac{a'}{a} = \frac{b'}{b}$, on en déduit immédiatement $\frac{a'}{b'} = \frac{a}{b}$, c'est-à-dire que le rapport des hauteurs de pluie est constant pour les deux localités considérées.

				mill.
1°	Auxerre. . . . . $n =$	0.15	quoique cette station ait reçu	88
	Vézelay.	0.14	—	101
	Avallon.	0.16	—	94
	Saulieu.	0.15	—	134
	Pouilly.	0.14	—	97
	Grosbois.	0.15	—	103
	Thenissey.	0.15	—	105
	Chanceaux.	0.15	—	124
	Châtillon-sur-Seine. .	0.16	—	101
2°	Courbeton.	0.12	—	81
	Melun.	0.12	—	50
3°	Paris.	0.06	—	35
	Pontoise.	0.05	—	26
4°	Laon.	0.09	—	56
	Hirson.	0.10	—	69

Intensité relative des pluies torrentielles dans les différents points du bassin. — Nous venons de signaler les analogies qui existent entre la distribution des pluies torrentielles et celles des moyennes annuelles; nous devons maintenant insister sur les différences relatives qui existent entre ces deux séries de nombres.

Le même rapport, qui vient de nous faire retrouver la loi énoncée par M. Fournié, peut servir à apprécier numériquement un élément très-important dans l'appréciation des pluies torrentielles : l'intensité particulière qu'elles ont acquise dans certaines régions, de préférence à d'autres. On sait déjà, par exemple, que dans le bassin de la Marne et dans la partie inférieure du bassin de la Seine, le phénomène a été moins marqué que dans les bassins de l'Yonne, de l'Armançon et de la haute Seine; traduites en courbes, les hauteurs de pluies se rapetisseraient dans le bassin de la Marne, tout en conservant leur forme générale.

On peut apprécier plus rigoureusement ces différences en essayant de tenir compte du caractère propre à chaque localité. Il semble qu'on peut jusqu'à un certain point y arri-

ver en comparant l'intensité des pluies torrentielles d'une localité à celle de ses pluies annuelles; si, dans deux pays différents, les pluies torrentielles, tout en étant égales en valeur absolue, ont formé dans l'un le dixième, et dans l'autre le cinquième de la hauteur moyenne annuelle, il est clair que le phénomène a été dans les deux points tout différemment prononcé. On a vu d'ailleurs que le rapport, ainsi calculé, est en général sensiblement le même pour des points rapprochés; il peut donc être considéré comme éliminant en grande partie les circonstaces locales et comme exprimant l'*intensité relative* des pluies torrentielles pour une même région. Quand ce nombre est très-grand dans un pays, c'est que les pluies se sont en quelque sorte acharnées contre lui. Nous citons ici quelques exemples de ces différences; les rapports ont été calculés, l'un au moyen de la hauteur annuelle des cinq années 1861-1865, l'autre au moyen de la hauteur de l'année 1865; ils conduisent tous deux à des résultats analogues (*).

(*) Dans cette comparaison, il ne faut pas attribuer à chaque nombre isolé une importance exagérée; c'est seulement aux différences un peu générales qu'il faut s'attacher.

Digitized by Google

		Haute-Loire.			
Le Puy	n = 0.26	n' = 0.28	Montbrison	n = 0.29	n' = 0.26
		Vallées de l'Yonne et de l'Armançon.			
Courbeton (Montereau)	0.12	0.12	Chateau-Chinon	0.15	0.14
Sens	0.16	0.15	Les Settons	0.10	0.09
Laroche	0.18	0.18	Saulieu	0.15	0.15
Vézelay	0.14	0.13	Grosbois	0.15	0.13
Avallon	0.16	0.15	Marigny	»	0.22
Pannetière	0.16	0.17	Montbard	0.18	0.17
		Vallée de la haute Seine.			
Châtillon-sur-Seine	0.16	0.15	Vendeuvre	0.08	0.08
Bar-sur-Seine	0.09	0.09	Barberey, près Troyes	0.19	0.22
Chaumesnil	0.06	0.08	Conflans, près Romilly	0.17	0.18
		Vallées de l'Oise et de l'Aisne.			
Laon	0.09	0.09	Hirson	0.10	0.10
Berry-au-Bac	0.16	0.17			
		Vallée de la Marne.			
Sommesous	»	0.15	Joinville	»	0.10
Vitry-le-François	»	0.09	Chaumont (plateau)	»	0.12
Bar-le-Duc	»	0.08	Langres (plateau)	»	0.04
Vassy	»	0.14			
		Partie inférieure du bassin de la Seine.			
Paris	0.07	0.06	Fatouville	0.07	0.06

A partir de Sens, le phénomène se développe donc dans la vallée de l'Yonne et dans celle de l'Armançon; il paraît atteindre son maximum dans les environs de Semur; car, à Marigny, les pluies torrentielles ont une intensité qui est les 22 p. 100 de la hauteur annuelle, à Montbard les 16 ou 18 p. 100; on a vu, en effet, que les crues du bassin de l'Armançon paraissent avoir été relativement encore plus fortes que celles du bassin de l'Yonne.

L'intensité relative éprouve également des maxima très-remarquables à Barberey près Troyes, et à Conflans près Romilly, stations situées sur la Seine, l'une sur la limite, l'autre au milieu des plaines perméables de la Champagne. Tout à côté de Troyes et de Châtillon-sur-Seine, les stations de Bar-sur-Seine, de Vendeuvre et de Chaumesnil ont, au au contraire, des intensités relatives minima; les pluies torrentielles y ont atteint seulement de 6 à 9 p. 100 de la hauteur annuelle. Il semble donc qu'au delà de Châtillon

Digitized by Google

et de Troyes, le phénomène a épuisé ses efforts par son excès même; ses forces se sont usées en s'acharnant sur certaines régions; il ne lui en est plus resté au delà (*).

Dans les parties supérieures du bassin de la Loire, l'intensité relative des pluies torrentielles est bien plus grande que dans les points les plus atteints de la Seine : il tombe au Puy 26 p. 100, à Montbrison 29 p. 100 de la hauteur annuelle.

Pour le bassin de la Marne, nous ne pouvons établir la comparaison qu'en partant des hauteurs annuelles de 1865, ce qui la rend moins sûre; toutefois les nombres obtenus semblent montrer bien nettement que l'affaiblissement que nous avons remarqué à Vendeuvre, Bar-sur-Seine et Chaumesnil, se continue au delà. Sauf des points particuliers, tels que Vassy, le phénomène n'a pas, à beaucoup près, dans les départements de la Haute-Marne et de la Meuse, l'intensité relative si considérable que nous avons remarqué dans la Côte-d'Or et dans la Nièvre, les pluies torrentielles n'atteignent en général que de 8 à 12 p. 100 de la hauteur annuelle, au lieu de 13 à 17 et 18 p. 100. Langres, qui offre déjà un caractère spécial lorsque l'on compare les hauteurs de pluies annuelles, se signale par un minimum extrêmement prononcé. On sait que cette ville est sur l'extrême limite du bassin de la Marne, et qu'au delà, à Vesoul, la pluie a été à peu près nulle.

La station des Settons présente une particularité remarquable : comme d'ordinaire, c'est de toutes les stations celle où l'intensité absolue de la pluie a été la plus forte, car il y est tombé 151 millimètres d'eau; mais, en même

(*) Si l'on considérait, comme quelques savants, la compression des masses d'air humides comme l'une des causes principales de la pluie, on pourrait dire que ces masses d'air, poussées par une force venant du N.-O., ont été arrêtées en partie par les hauteurs limitant les vallées de la Seine et de l'Armançon; cet arrêt aurait augmenté la compression et donné au phénomène de la pluie un surcroît d'intensité dans ces contrées.

Digitized by Google

temps, l'intensité relative y a une valeur très-faible, et tout à fait exceptionnelle par rapport aux points environnants; les pluies torrentielles n'y ont atteint que les 9 p. 100 de la hauteur annuelle. Au contraire, à Château-Chinon, ce point singulier minimum si remarquable, a reçu les 14 p. 100 de la hauteur annuelle. En d'autres termes, Château-Chinon, qui reçoit en moyenne quatre fois moins de pluie que les Settons, n'en a reçu, les 23 et 24 septembre, que trois fois moins. La différence entre ces deux stations, toute considérable qu'elle soit, est cependant moindre qu'elle n'aurait dû l'être d'après la comparaison des moyennes; Château-Chinon a perdu notablement de son immunité, et les Settons semblent y avoir gagné quelque chose.

Cette ÉGALISATION, plus grande dans les grandes pluies générales que dans les moyennes annuelles, pourrait d'ailleurs être remarquée pour plusieurs autres stations; plusieurs des points singuliers tendent à disparaître dans un phénomène aussi général et aussi intense; Laon et Berry-au-Bac reçoivent presque la même quantité de pluie.

Les stations de Conflans et Sommesous ont plus d'eau qu'on n'aurait pu le prévoir d'après la répartition habituelle.

En résumé, en faisant la part des circonstances locales, les pluies des 22-24 septembre ont particulièrement sévi dans les parties supérieures des vallées de l'Yonne, de l'Armançon et de la haute Seine; quelle que soit sa cause, ce phénomène se présente avec les mêmes caractères que s'il était produit par une masse d'air humide qui poussée par une force venant du NO irait elle-même au SE s'engouffrer dans le département de la Côte-d'Or, tandis qu'au SO elle pénétrerait à la fois dans le Morvan et dans la vallée de la Loire.

Ce point de vue est tout à fait confirmé par le mode de distribution des pluies dans les nombreuses et importantes

stations que possède le département de la Côte-d'Or. D'après M. Bazin, quand on trace sur une carte de ce département les lignes unissant les points qui ont reçu, les 23 et 24 septembre, d'égales quantités d'eau, on trouve que ces lignes sont précisément normales à la direction générale du N.-O. au S.-E. que nous venons de signaler.

Si l'on considère la plus importante de ces courbes, celle qui sépare les deux régions ayant reçu, l'une de 100 à 120 millimètres, l'autre de 50 à 100 millimètres, on trouve que cette courbe suit *exactement* la ligne de partage des bassins de la Seine et de la Saône. Si la Grosne, l'Ouche et la Dheune ont débordé, c'est donc seulement par l'effet des pluies qui sont tombées sur la crête de séparation, et qui se sont arrêtées peu après avoir franchi les points de partage. A Saint-Jean-de-Losne il n'est tombé, les 23 et 24 septembre, que 16 millimètres; Billey, situé à 12 kilomètres plus loin, n'a reçu que 5 millimètres ; Maxilly, situé près du point où la Saône entre dans le département de la Côte-d'Or, n'a reçu également que 5 millimètres.

Mode de progression des pluies torrentielles. — On vient de voir que le phénomène des pluies torrentielles de septembre 1866 a été général dans tout le bassin de la Seine. Nous croyons pouvoir ajouter qu'il a été *progressif.* Les nombres que nous pouvons fournir à l'appui de cette opinion sont peut-être moins décisifs, car jusqu'ici les observations pluviométriques ont été faites dans les différentes stations du bassin de la Seine à des heures différentes, et presque toujours une seule fois par jour. Toutefois, les détails qui suivent nous semblent montrer que les pluies ont eu lieu d'abord dans la partie inférieure du bassin, qu'elles sévissaient dès le 22 septembre à Paris et dans le bassin de Loing, que plus loin leur maximum d'intensité est le 23, et plus loin encore le 24.

Voici les observations sur lesquelles cette remarque est fondée.

Digitized by Google

	millimèt.
Le Havre. — La mer est très-grosse les 21 et 22 septembre. Le pluviomètre donne, pour le 21 et le 22, un total de.	27
Le 23, il donne encore.	8
Le 24, il ne pleut pas.	
Fécamp. — 1° Au pluviomètre de M. Marchand, on a recueilli :	
Nuit du 20 au 21 septembre et le 21, jusqu'à midi. .	13
Du 21, à midi, jusqu'au 22, à midi.	15
Du 22, à midi, jusqu'au 23, à midi.	3
2° Au pluviomètre de M. Jacquart :	
Le 21, de six heures du matin à six heures du soir.	4
Du 21, à six heures du soir, au 22, à six heures du matin.	11
Le 22, de six heures du matin à six heures du soir.	4
Du 22, à six heures du soir, au 23, à six heures du matin.	3
Le 23, de six heures du matin à six heures du soir.	3

Fatouville (phare situé sur les côtes du département de l'Eure). — Le 20 septembre il n'a pas plu.	Au pluviomètre de 25 mèt. de diamètre.	Au pluviomètre de 0 mèt. 16 de diamètre.	Soit par heure
	millimèt.	millimèt.	millim.
Le 21, de minuit à six heures du matin.	4	4	0,7
— de six heures du matin à midi.	3	3	0,5
— de midi à six heures du soir.	0	0	0,0
Du 21, à six heures du soir, au 22, à sept heures et demie du matin.	13	13	1,0
Le 22, de sept heures et demie du matin à trois heures du soir.	14	15	1,8
— de trois heures du soir à six heures.	3	3	1,0
Du 22, à six heures du soir, au 23, à six heures du matin.	8	8	0,6
Le 23, de six heures du matin à dix heures.	2	2	0,5
— de dix heures du matin à midi.	0,2	0,2	»

Digitized by Google

Le reste de la journée du 23, et les 24 et 25 septembre, il n'a pas plu ; le 26, on a observé seulement un très-léger brouillard inappréciable au pluviomètre.

Paris (bassin de Monceau). — Il est tombé : Le 21 septembre, de une heure du soir à neuf heures. . 3

Le 21, de dix heures du soir à six heures du matin. 6 — 9

Le 22, à midi, au 23, à neuf heures du matin. . . 18

Le 23, de neuf heures du matin à cinq heures du soir. . . . . 7 — 8

Le 24, de deux heures à quatre heures du matin. 1

Paris (bassin du Panthéon). — Il est tombé : le 21 septembre, de une heure à neuf heures du soir, et le 22, de deux heures à cinq heures du matin. 11

Le 22, de midi à cinq heures du soir, et le 23, de cinq heures à neuf heures du matin. 16

Le 23, de neuf heures du matin à quatre heures du soir (pluie recueillie le 24, à neuf heures du matin). 8

Les 24, 25, 26, 27 septembre, il n'a pas plu.

Saint-Maur (près Paris). — Le 21 septembre, de huit heures du matin à huit heures du soir. millim. 6 — millim. 9,0

Du 21, à huit heures du soir, au 22, à huit heures du matin. 3

Le 22, de huit heures du matin à huit heures du soir. . . . . 5 — 18

Du 23, à huit heures du soir, au 23, à huit heures du matin. 13

Le 23, de huit heures du matin à huit heures du soir. . . . . 10 — 12

Du 23, à huit heures du soir, au 24, à huit heures du matin. 2

Le 24, de huit heures du matin à huit heures du soir. . . . . 0,1 — 0,1

Du 24, à huit heures du soir, au 25, à huit heures du matin. 0,0

Vauxrot (près Soissons). — Le 21 et le 22 septembre jusqu'à quatre heures du soir, il est tombé. . . . . millim. 8

Du 22, à quatre heures du soir, au 23, à quatre heures du soir. 40

On a signalé des coups de tonnerre et des éclairs dans la nuit du 22 au 23, vers une heure du matin.

Digitized by Google

Saint-Quentin. —	Pluviomètre inférieur.	Pluviomètre supérieur.
	millim.	millim.
Le 21 septembre, de trois heures quarante-cinq du matin à deux heures du soir.	4	4
Le 22, de neuf heures et demie du matin à neuf heures et demie du soir.	21	17
Le 23, de quatre heures du matin à six heures vingt minutes du soir.	19	15
Le 24.	0	0

Les journées des 21 et 22 septembre sont signalées comme des journées de tempête.

Hirson (au pied des Ardennes). —	Pluviomètre inférieur.	Pluviomètre supérieur.
	millim.	millim.
Le 21 septembre, de sept heures du matin à quatre heures du soir.	4	4
Le 22, de une heure du matin à neuf heures et demie, et de midi à une heure du soir.	12	12
Le 23, de midi à neuf heures du soir. . 37	} 57	35 } 54
Le 24, de minuit à onze heures du matin. 20		19

	millim.
Sommesous (Marne). — Le 21 septembre, de dix heures du matin à une heure, et de quatre heures à six heures et demie du soir.	3
Le 22, de quatre à cinq heures du matin.	1
Le 23, de une heure et demie à deux heures du matin, et de neuf heures du matin à minuit. . .	34
Le 24, de minuit à midi, et de six heures du soir à dix heures.	18
Reims. — Du 22 septembre, au soir, jusqu'au 24, à midi.	42
Sainte-Menehould. — Le 21 septembre, de onze heures du matin à sept heures du soir.	8
Le 22, de quatre heures à six heures du matin. . .	3
Le 23, de neuf heures du matin à onze heures du soir.	33
Le 24, pendant la nuit et de cinq heures du matin à neuf heures du soir.	9
Côte de Crèvecœur (près de Sainte-Menehould). — Le 21 septembre, de une heure du matin à cinq heures du soir.	11
Le 22, de deux heures à cinq heures et demie du matin..	3
Le 23, de huit heures du matin à minuit.	} 31
Le 24, de trois heures à cinq heures du matin. . .	

— de cinq heures du matin à midi, et de trois heures et demie à six heures du soir. . . . . . millim. 10

Vesoul. — Le 22, dans l'après-midi, pluie fine inappréciable au pluviomètre.

Du 22, à cinq heures du soir, au 23, à cinq heures du soir, pluie tombée dans l'après-midi du 23. . 3

Du 23, à cinq heures du soir, au 24, à cinq heures du soir (pluie continuelle). 5

Toucy (département de l'Yonne), bassin de l'Ouaunc, affluent du Loing.

Du 21, probablement le matin, au 22, au matin. . .				11
Du 22	—	au 23	—	29
Du 23	—	au 24	—	51
Du 24	—	au 25	—	10

Vallée du Milleron (canton de Châtillon-sur-Loing, département du Loiret). — Sur les versants du Milleron, affluent du Loing, les pluies torrentielles ont eu lieu le 22 et le 23 septembre et ont duré trente-six heures. (M. Becquerel, *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, séance du 5 nov. 1866.)

Melun. — (École normale.)

Du 21, à neuf heures du matin, au 22, à neuf heures du matin. . . . . millim. 8

Du 22, à neuf heures du matin, au 23, à neuf heures du matin. 41

Du 23, à neuf heures du matin, au 24, à neuf heures du matin. 22

Du 24, à neuf heures du matin, au 25, à neuf heures du matin. 0

Sens. — Le 21 septembre, jusqu'au 22, au matin. 7

Le 22 septembre, jusqu'au 23, au matin. 17

Le 23 septembre, jusqu'au 24, à neuf heures du matin. 58

Le 24 septembre, jusqu'au 25, au matin. 3

Le 26 septembre, jusqu'au 27, au matin. 0

Saint-Martin (près Sens). — Le 23 septembre, à neuf heures du matin, on a recueilli une quantité d'eau, tombée probablement dans la nuit du 22 au 23, égale à. 19

Le 23, de neuf heures du matin, à cinq heures du soir. 30

Du 23, à cinq heures du soir, au 24, à sept heures du matin. 23

millim.

Le 24, de sept heures du matin, à neuf heures du soir. 2

Auxerre. — (École normale.)

Du 21, à neuf heures du matin, au 22, à neuf heures du matin. 3

Du 22, à neuf heures du matin, au 23, à neuf heures du matin. 6

Du 23, à neuf heures du matin, au 24, à neuf heures du matin. 67

Du 24, à neuf heures du matin, au 25, à neuf heures du matin. 4

La pluie a fini le 25, à quatre heures du matin.

Chablis (Yonne). — Le 23 septembre, la pluie a commencé à neuf heures du matin, et jusqu'au 24, à sept heures du matin, elle a donné *au moins* (cuvette du pluviomètre dépassée). 55

Du 24, à sept heures du matin, pluie moins abondante jusqu'au 25, à sept heures du matin. . . 20

Tonnerre. — Le 23 septembre, de neuf heures du matin à six heures du soir. 25

Du 23, au soir, au 24, au soir. 58

Le 25, de minuit au lever du jour. 6

Châtillon-sur-Seine. — La pluie a commencé le 23 septembre, entre six heures du matin et midi; elle a fini le 25, avant six heures du matin.

Le 23, de six heures du matin à six heures du soir. 25

Le 23, de six heures du soir, au 24, à six heures du matin. 43

Le 24, de six heures du matin à six heures du soir. 30

Du 24, à six heures du soir, au 25, à six heures du matin. 3

Thenissey (près Verrey, département de la Côte-d'Or). — Le 23 septembre, de midi à minuit. 50

Le 24, de minuit à huit heures du matin. 17

Du 24, à huit heures du matin, au 25, à huit heures du matin. 38

Grosbois (département de la Côte-d'Or). — Les 18, 19, 20, 21, 22 septembre, pas de pluie.

Le 23, en douze heures, il tombe. 23

Le 24, en vingt-quatre heures, il tombe. 80

Les 25, 26, 27, 28, 29 et 30, pas de pluie.

(Le 24, la grande pluie de 80 millim. est donnée

Digitized by Google

par les vents sud, ouest et nord-ouest : on a signalé du tonnerre.)

Pouilly (département de la Côte-d'Or). — Le 23 septembre, de onze heures du matin à deux heures du soir.	millim. 9
Du 23, à deux heures du soir, au 24, à deux heures du soir.	75
Le 24, de deux heures du soir jusque dans la nuit.	12
On a signalé du tonnerre (probablement le 24 au soir); la grande pluie a eu lieu par un temps calme et sombre, la girouette marquant successivement les directions du sud, de l'ouest et du nord-ouest.	
Saulieu (département de la Côte-d'Or).— La pluie a commencé le 23 septembre, à six heures du matin, et a fini le 25, à sept heures du matin.	
Dijon. — Le 23 septembre, en dix heures (ce qui rend probable que la pluie a commencé au milieu de la journée).	25
Le 24, en dix heures.	30
On a observé, le 24 septembre, du tonnerre et des éclairs.	
Avallon (Yonne). — Le 23 septembre, depuis le matin jusqu'à midi.	4
Du 23, à midi, au 24, à midi.	51
Du 24, — au 25, —	8
Vezélay (Yonne). — Le 23 septembre, depuis le matin jusqu'à midi.	21
Du 23, à midi, au 24, à midi.	47
Du 24, — au 25, —	32
Pannetière (Nièvre). — Le 22 septembre, probablement jusqu'au 23, à neuf heures du matin.	9
Le 23, jusqu'au 24, à neuf heures du matin.	51
Le 24, — 25, —	59
Journée du 25.	2
La Colancelle (Nièvre). — Le 23, depuis le matin jusque vers la nuit (?).	59
Du 23, au soir, jusqu'au 24, à sept heures du matin.	28
Du 24, à sept heures du matin, jusqu'au 24, au soir.	18
Du 24, au soir, au 25, à neuf heures du matin (pluie d'orage).	21
Les Settons (Nièvre, près de Château-Chinon).—Du 21, neuf heures du matin, au 23, neuf heures du matin.	10

millim.

Du 22, neuf heures du matin, au 23, neuf heures du matin. 2

Du 23, neuf heures du matin, au 24, neuf heures du matin. 106

Du 24, neuf heures du matin, au 25, neuf heures du matin. 41

Journée du 25. 2

Châtillon-en-Bazois (Nièvre, au delà de la ligne de partage). — Le 23 septembre, de huit heures du matin à midi (pluie torrentielle). 36

Du 23, à midi, au 24, à dix heures du matin. . . . 55

Nuit du 24 au 25 (pluie torrentielle). 40

Cublize (département du Rhône, bassin de la Loire). — Les 21 et 22 septembre, il n'a pas plu.

Le 23 septembre, la pluie commence à midi et donne jusqu'au soir du 23. 17

Nuit du 23 au 24 et journée du 24 jusqu'au soir. . 54

Du 24, au soir, au 25, à six heures du matin. 4

Le 25, de six heures du matin à six heures du soir. 4

Les 26, 27, 28 et 29, il n'a pas plu.

Tarare (bassin du Rhône). — La pluie a commencé le 23 septembre, au matin, et a duré jusqu'au 25, à midi. Son maximum a lieu dans la journée du 24, où, de six heures du matin à six heures du soir, il tombe. 45

Lyon (Fort-Lamothe). — Du 19 septembre, à midi, au 20, à midi. 0

Du 20, à midi, au 21, à midi. 0

Du 21, — au 22, — (pluie pendant deux heures et la nuit). . 1

Du 22, — au 23 — (pluie pendant deux heures). 1

Du 23, — au 24 — 0

Du 24, — au 25 — 18

Du 25, — au 26 — 1

Depuis le 26 jusqu'à la fin du mois, il n'a plu.

Saint-Étienne. — La pluie a commencé le 23 septembre, vers midi, puis elle a repris, cette fois sans interruption, vers six ou sept heures du soir; dans la nuit du 23 au 24, elle n'a pas été très-forte, et son maximum a dû avoir lieu dans la matinée du 24; le 25, il n'est presque rien tombé.

			millim.
Le Puy. — Le 23, à midi, on a recueilli. .	5		
Le 24, à dix heures du matin.	45		
— à midi.	7	soit par heure.	3,5
— à cinq heures du soir.	50	—	10
— à sept heures du soir.	20	—	10
— à minuit.	42	—	8
Total.	169		

D'après les documents qui précèdent, on peut admettre que les grandes pluies de septembre ont éprouvé leur maximum d'intensité à peu près de la manière suivante :

1° A Fatouville, le 22 septembre, depuis le matin jusque vers trois heures du soir (il n'a pas plu à partir du 23, à midi).
A Paris, nuit du 22 au 23 (la pluie a presque entièrement cessé à partir du 23 au soir).
A Hirson (près des sources de l'Oise), journée du 23 et jusque dans la nuit.
2° A Sommesous (Marne), journée du 23.
A Sainte-Ménehould, journée du 23 et jusque dans la nuit.
3° Dans le bassin du Loing, journées des 22 et 23.
A Sens, journée du 23 (il n'a sensiblement pas plu le 24).
A Auxerre, journée et soirée du 23.
A Châtillon-sur-Seine, nuit du 23 au 24.
A Pouilly, nuit du 23 au 24.
A Grosbois, journée du 24.
A Dijon, journée du 24.
4° Dans le département de la Nièvre, journée et nuit du 23.
Cublize et Tarare (département du Rhône), journée du 24.
Le Puy, le 24, *de midi à minuit.*

En faisant la part des circonstances locales, il semble donc que dans le bassin de la Seine et ses alentours les pluies qui ont produit les inondations ont eu lieu successivement du N.-O. au S.-E. En d'autres termes, et en ne parlant que d'une manière très-générale, on peut dire que les différents pays situés sur une même perpendiculaire à la direction du N.-O. ont reçu la pluie à peu près en même temps.

Digitized by Google

Ces données devraient sans doute être prises en considération si l'on voulait essayer de remonter jusqu'à la cause première des inondations de 1866. Elles semblent indiquer que c'est vers la direction du N.-O. qu'il faut rechercher l'origine des grandes pluies de septembre. Si pour le bassin de la Seine la cause de ces pluies résidait dans les régions du S.-E. de la France, il est probable, en effet, qu'elles auraient eu lieu dans la Côte-d'Or et le Morvan avant de se produire à Paris.

Mouvements atmosphériques en corrélation avec les grandes pluies du mois de septembre. — La pluie est en général intimement liée à la direction du vent. Cette corrélation nous semble s'être manifestée d'une manière remarquable dans la période critique du 22 au 25 septembre. On en jugera par le tableau suivant :

Digitized by Google

Tableau des vents observés d'après la girouette, entre le 20 et le 27 septembre 1866, dans le bassin de la Seine.

DÉSIGNATION des localités.	SEPTEMBRE 1866.								OBSERVATIONS.
	20	21	22	23	24	25	26	27	
En dehors et au sud du bassin de la Seine.									
Dijon	S	S	S	S	NO	S	N	N	Le 24, tonnerre, éclairs.
Lyon (fort Lamotte) (1)	NE	S	S	SE	SO	SE	NE	NE	Grand vent le 22 et le 23.
Tarare (départ. du Rhône, bassin du Rhône) (1)	SE	S	S	S	NO	S	S	SE	Vent très-fort le 22 et le 23.
Cublize (dép. du Rhône, bassin de la Loire) (1)	O	SO	SO	S	S	SO	NO	NO	
Saint-Etienne (2)	»	»	S	S	»	»	»	»	
Châtillon en Bazois (Nièvre)	S	S	SO	S	SE	NO	N	NO	Vent fort les 20, 21, 22, 23; faible les 24, 25, 26, 27.
Bassin de l'Yonne proprement dit.									
Les Settons, le matin	O	SO	SO	SE	O	NE	SO	SE	Le 20, vent faible; assez fort les 21 et 22; très-fort le 23 (surtout le matin); faible les 24, 25, 26, 27 septembre.
Les Settons, le soir	O	SO	SO	SO	O	NO	SO	SE	
Château-Chinon	N	NO	SO	NO	NE	S	NO	SE	Vent faible jusqu'au 22, très-fort le 23, faible ensuite.
La Colancelle (Nièvre)	S	S	S	S	S	NE	S	S	
Pannetière (Nièvre)	O	O	E	O	O	O	O	N	
Clamecy	»	»	»	SO	»	»	»	»	Temps très-doux le 23.
Vézelay	SE	SO	S	NO	E	E	NO	S	
Avallon	SO	SO	NO	NO	O	O	NO	S	
Auxerre	NO	SO	O	O	O	E	SE	SE	
Bassin de l'Armançon et du Serain.									
Saulieu	O	O	SO	O	O	NO	N	O	A Pouilly et à Grosbois, grande pluie donnée tour à tour par les vents S, O et NO.
Pouilly	NO	S	S	NOS	NO	NO	N	SE	
Grosbois	NO	S	SE		O	NO	NO	NO	
Thenissey (près Verrey)	O	O	S	S	S	N	N	N	Vent faible le 20, fort les 21 et 22, très-fort le 23, modéré le 24, faible les 25, 26 et 27.
Marigny	O	S	SO	O	O	S	O	S	
Montbard	O	O	S	O	O	O	O	O	
Tonnerre	S	S	S	SE	SE	S	S	NO	Le vent du NE a régné les 28, 29 et 30; le 22, vent assez fort.
Chablis	S	S	S	S	S	E	E	NE	
Bassin de l'Yonne entre Laroche et Montereau.									
Laroche	SO	SO	SO	SO	SE	NO	SO	SE	
Joigny	SO	SSO	SSO	SO	SE	SSE	SO	SSO	
Sens	SO	SO	SO	S	S	E	SO	SO	
Saint-Martin	S	S	S	SSO	S	ENE	SSO	SSO	

(1) Renseignements dus à l'obligeance de MM. Gobin et Fournet.

(2) Ces renseignements sont dus à l'obligeance de M. Gonthier. D'après lui, le vent du sud est devenu violent, à Saint-Etienne, le 22 septembre, vers cinq heures du soir; il a redoublé avec fureur le 23, et surtout dans la nuit du 22 au 23; dans la nuit du 23 au 24 le vent soufflait toujours.

Suite du tableau précédent.

DÉSIGNATION. des localités.	SEPTEMBRE 1866. 20	21	22	23	24	25	26	27	OBSERVATIONS.
Bassin de la Seine proprement dit.									
Vendeuvre.	E	E	E	E	E	O	O	E	
Barberey (près Troyes).	S	SO	S	E	SE	N	O	NE	
Conflans (près Romilly).	O	SO	SO	SO	S	E	E	O	Le 22, vent moyen ; les autres jours, vent faible.
Courbeton (près Montereau).	SO	SO	SO	SO	SO	NE	NE	NE	Grand vent les 20, 21, 22 et 23 ; vent moyen le 24 ; les autres jours, vent faible.
Melun.	SO	SO	SO	SO	S	NE	»	NE	Grand vent les 21 et 22 ; les autres jours, vent faible.
Bassin de l'Ouane et du Loing.									
Toucy.	S	S	S	S	NE	NE	NE	NE	
Bassin de la Seine à partir de Paris.									
Saint-Maur (près Paris), 8h matin.	O	S	S	S	SO	NE	O	O	Vent ordinaire le 20, fort les 21 et 22, faible ensuite.
Saint-Maur (près Paris), 8h soir.	S	S	N	S	SO	NO	E	NE	Vent ordinaire les 20 et 21, assez fort le 22, ordinaire le 23, faible ensuite.
Aubervilliers (près Paris), 8h matin.	NO	SO	S	SO	O	NO	NO	O	
Id., — 4h soir.	O	O	S	SO	O	NO	NO	S	
Paris (Oservatoire) (*), 7h matin.	SSO	S	SSO	SSO	S	NNE	S	SE	Vent faible le 20, fort le 21, vent violent et tempête le 22 jusqu'à midi, vent modéré le 23, faible ensuite.
Le Havre (*).	»	SO	SO	O	S	ESE	SSO	NE	Vent violent les 21 et 22, modéré le 23, assez fort le 26.
Fécamp (**).	»	NO	SO	SO	»	»	»	»	
Fatouville, 6h matin.	SO	SSO	S	ESE	SE	SE	NO	S	Vent faible le 20, assez fort le 21, fort le 22, faible ensuite.
Fatouville, midi.	SO	O	O	S	SSO	SSE	S	NO	Vent faible le 20, assez fort les 21 et 22, faible ensuite.
Fatouville, 6h soir.	SO	OSO	O	ESE	SO	SSE	S	ESE	Vent faible du 20 au 27.
En dehors et au nord du bassin de la Seine.									
Boulogne (*).	»	OSO	SO	NE	SE	S	SE	S	Vent très-fort les 21 et 22, faible le 23, modéré le 24.
Dunkerque (*).	»	SO	ENE	SE	»	SO	S	SE	Vent assez fort le 21, faible le 22.
Greenwich (Angleterre) (*).	»	»	ENE	»	»	»	»	»	Vent faible le 22.
Bassin de l'Oise et de l'Aisne.									
Pontoise.	SO	SO	SO	SO	SO	E	SO	SE	
Beauvais.	O	O	SO	SO	S	S	S	S	
Venette (près Compiègne)	SE	S	S	S	S	NE	SE	S	
Vauxrot (près Soissons).	O	O	SO	SO	SO	N	SO	NE	
Berry-au-Bac.	O	SO	SO	S	SO	NO	NO	NO	
Hirson.	O	SO	SO	S	S	NE	N	S	

(*) Renseignements empruntés au *Bulletin de l'Observatoire.*

(**) Renseignements dus à l'obligeance de M. Renaud, ingénieur des ponts et chaussées.

Digitized by Google

Suite du tableau précédent.

DÉSIGNATION des localités.	SEPTEMBRE 1866. 20	21	22	23	24	25	26	27	OBSERVATIONS.
Bassin de la Marne.									
Sommesous	O	O	SO	SO	SO	NE E SO	NO O	SE	
Sainte-Ménehould	SO	O	S	S	S	NO	NO	NO	
Bois des Planches (près Sainte-Ménehould)	SO	O	S	S	S	NO	NO	NO	
Côte de Crèvecœur (*id.*)	SO	O	S	S	S	NO	NO	NO	
Côte de Biesme (*id.*)	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SE	SE	
Suippes	SO	S	SE	S	S	O	N	N	Grand vent les 21 et 22.
La Caure	SO	S	S	S	SE	NE	N	SE	Temps orageux le 23.
Forêt des Trois-Fontaines	SO	S	S	S	E	E	E	E	Très-grand vent le 20 et le 21, très-calme ensuite.
Montmort	S	S	S	SE	S	N	N	NO	
Vitry-le-François	SO	S	SO	SO	S	NO	S	S	Vent très-fort le 21 et le 22, fort le 23; très-faible ensuite.
Vassy	SO	SO	SO	SO	SO	SO	NO	NE	
Joinville	S	S	S	S	S	SE	E	E	
Chaumont (vallée)	SO	SO	SO	SE	NO	N	O	O	
— (plateau)	SO	SO	SO	SE	NO	N	O	O	
Langres (vallée)	S	NO	SO	SO	SO	SO	O	NO	A Langres, le 22, temps orageux, les 23, 24 et 25, temps couvert.
— (plateau)	S	NO	SSO	SO	SO	SO	O	NO	
En dehors et à l'est du bassin de la Seine.									
Vesoul	SO	SO	SO	SO	N	N	SO	SO	Ciel serein jusqu'au 21 inclusivement, couvert du 22 au 26.
Fort de Joux (Doubs)	E	E	E	N	NO	NO	NO	S	

Pour un phénomène soumis comme le vent à tant d'influences locales différentes, on ne doit pas attribuer trop d'importance à des faits isolés; on peut, au contraire, ce nous semble, essayer de résumer en quelques faits généraux l'ensemble de nombreuses observations.

Jusque vers le 24 septembre, malgré des efforts répétés, mais généralement isolés, le vent souffle du sud ou du sud-ouest : le 25 septembre au matin, alors que les grandes pluies sont terminées, le vent vient presque partout du nord et dans plusieurs points du bassin de la Seine, cette direction se maintient jusqu'à la fin du mois.

Quant à la période même des pluies torrentielles, elle est

Digitized by Google

dans la plupart des localités une période de calme presque complet, précédée de vents assez forts : dans quelques autres pays, elle correspond à une succession de vents contraires et est même accompagnée d'orages (à Paris, Soissons, Grosbois, Dijon, Blois, Châtillon-sur-Seine). En étudiant de plus près cette succession de vents contraires, on y retrouverait sans doute l'influence des lois sur les bourrasques si bien formulées par les météorologistes de l'Observatoire impérial. D'après les recherches de ces savants, l'existence d'un mouvement tournant, lors des grandes perturbations atmosphériques, peut amener ce résultat remarquable que la direction du vent soit très-différente de la direction de propagation du phénomène général.

Dans la Haute-Loire, comme dans le bassin de la Seine, on a été frappé de la lutte établie vers le 24 septembre entre deux grands courants atmosphériques opposés venant l'un du sud, l'autre du nord-ouest. « Depuis plusieurs jours, « dit M. de Brives, les vents du sud et du sud-ouest s'étaient « emparés de notre atmosphère et régnaient seuls sur nos « montagnes et dans nos vallées : leur violence s'était ac- « crue progressivement et les vapeurs qu'ils rapportaient « de la Méditerranée traversaient en nuages de plus en plus « épais notre horizon avec une vitesse toujours croissante. »

Le 24, vers les deux heures, commença au Puy la pluie torrentielle qui dura sans intermittence jusqu'à la même heure de la nuit suivante : « La direction des vents avait changé « en même temps, et tandis que le sud régnait toujours à « la surface de notre sol, le nord-ouest avait envahi les « hautes régions et tendait à dominer son inférieur. On a « su plus tard que le 23 au soir, le vent nord-ouest avait « soufflé sur une grande partie de la France, tandis que le « vent sud continuait sur l'autre partie..... N'est-il pas « évident que c'est de la lutte qui s'est faite dans nos mon- « tagnes entre deux courants rapides, entre deux vents « d'une température différente dont l'un a condensé subi-

« tement les vapeurs épaisses amenées par l'autre qu'est « né le déluge du 24 septembre? Le lendemain, en effet, le « vent nord-ouest triomphait sur toute la ligne et ramenait « le beau temps (*). »

Indépendamment de toute hypothèse, les données que nous avons réunies suffisent pour montrer que les grandes pluies de septembre correspondent à une perturbation atmosphérique très-générale et très-intense. On arriverait au même résultat en considérant les indications du baromètre : nous nous bornerons à cet égard à citer les observations suivantes recueillies près de la mer au phare de Fatouville (Eure) et dans l'intérieur des terres à Saint-Maur près Paris.

Tableau des hauteurs barométriques observées du 19 au 26 septembre 1866.

(Les hauteurs observées ont été réduites à la température de 0.)

HEURES d'observations.	SEPTEMBRE 1866.								OBSERVATIONS.
	Le 19	Le 20	Le 21	Le 22	Le 23	Le 24	Le 25	Le 26	
PHARE DE FATOUVILLE (Eure).— *Altitude : 122 mètres.*									
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	
Trois heures du mat.	752.3	753.8	746.5	737.6	735 6	739.6	751.4	751.1	
Six heures du matin.	51 7	53.4	44.0	33.1	35.2	40.2	51 6	50.9	
Neuf heures du mat.	52.3	53.3	44.8	32.5	35.2	42.5	51.8	50.8	Minimum : $732^{mm}.5$ le
Midi.	52.2	52.8	44.8	34.8	35.7	44.6	51.3	50 7	22 septembre, à neuf
Trois heures du soir.	52.6	51.6	44 7	36.4	36.3	46.2	50.9	50.2	heures du matin.
Six heures du soir. .	52.1	51.3	45.2	36.8	37 3	48.3	51.0	49.8	2e minimum $735^{mm}.2$
Neuf heures du soir.	52.8	49.8	44.6	36.9	38.9	50.3	51.3	49.5	le 23 septembre, de six
Minuit.	53.0	48.4	43.1	35.7	39.4	50.4	50.9	49.1	à neuf heures du mat.
SAINT-MAUR (près Paris).— *Altitude : 139 mètres.*									
Huit heures du mat.	63 7	63.2	55.5	51.4	44.0	52.6	60.2	61.3	Minimum : $744^{mm}.0$ le
Huit heures du soir.	62.3	60.4	54.7	45.9	45.4	52.9	60.7	59.6	23 septembre, à huit heures du mati

On voit que c'est le 22 septembre, à neuf heures du matin, que la pression atmosphérique a atteint, à Fatouville,

(*) *Étude sur l'inondation du 24 septembre 1866 dans la Haute-Loire*, par M. de Brives, président de la Société d'agriculture du Puy.

Digitized by Google

le minimum très-remarquable de $732^{mm}.5$; le 23 septembre on a observé, de six à neuf heures du matin, un nouveau minimum moins prononcé de $735^{mm}.2$. A Saint-Maur le minimum, égal à 744 millim., n'a été observé que le 23 à neuf heures du matin. C'est, sans doute, cette dépression barométrique qui déterminait, comme par aspiration, l'appel des deux courants atmosphériques signalés tout à l'heure.

Les observations du baromètre, des vents, des pluies et des hauteurs des cours d'eau s'accordent donc pour montrer la généralité et l'intensité de la perturbation dont le dernier résultat a été les inondations. Cette corrélation intime de tous les phénomènes météorologiques est bien connue, mais elle se manifeste rarement d'une manière aussi nette et aussi remarquable.

Pluies torrentielles en dehors du bassin de la Seine. — Dans ce qui précède, nous avons cherché à étudier spécialement pour le bassin de la Seine la perturbation atmosphérique qui a amené les inondations du mois de septembre 1866. Nous voudrions maintenant faire voir sur quelle immense échelle s'est exercée cette perturbation, l'un des exemples les plus frappants de la grande étendue des phénomènes météorologiques.

Les bienveillantes communications de M. Rayet, astronome à l'Observatoire impérial, et les renseignements empruntés à diverses publications nous ont permis de dresser le tableau ci-dessous. Il résume la hauteur des pluies tombées du 21 au 25 septembre dans divers points de l'Europe, pris comme types. La carte jointe à ce mémoire permet d'embrasser ces données d'un seul coup d'œil (*fig.* 8).

Digitized by Google

DÉSIGNATION des localités.	OBSERVATIONS journalières exprimées en millimètres. — La pluie est tombée pendant la journée de la date inscrite et pendant la nuit suivante. 20	21	22	23	24	25	26	TOTAL DES PLUIES du 21 au 26 septembre inclusivement.	OBSERVATIONS.
Norwège.									
Christiania (1).	0	0	32	0	33	4	0	69	
Iles Britanniques.									
Valentia (à l'ouest de l'Irlande) (2).	14	5	6		2	1	9	19	A Valentia, Penzance et Londres, on n'a lu que la hauteur de pluie cumulée des 22 et 23 septembre, à cause du dimanche.
Penzance (au S.-O. de l'Angleterre) (2).	7	18	8		0	2	0	28	
Londres (2).	4	11	4		1	0	4	16	
Kew (près de Londres) (1).	4	11	0	2	1	2	3	16	
Aberdeen (Ecosse) (1)	5	0	0	0	0	0	0	0	
Belgique et Hollande.									
Utrecht (1).	0	10	13	14	0	0	0	37	
Bruxelles (1).	1	4	11	19	13	0	0	47	
France (Bretagne).									
Lamballe (Côtes du Nord) (3).	3	17	3	5	0	3	1	28	
Napoléonville (écluse des Récollets) (4).	3	21	5	14	0	3	0	43	
Ecluse de Kéroret (près Napoléonville) (4).	5	44	5	10	0	2	5	61	
Polhuern (près Lorient) (4).	0	16	12	4	0	4	4	34	
France (bassin de la Seine).									
Fatouville (Eure).	4	16	26	2	0	0	0	44	
Paris.	0	11	16	8	0	0	0	35	
Dijon.	0	0	1	25	30	0	0	56	
Les Settons (Nièvre). . . .	»	10	2	106	41	2	»	161	
France (bassin de la Loire).									
Angers (3).	2	6	30	4	0	0	5	40	
Parthenay (3).	6	8	8	1	0	0	»	17	Le 22, de 9h à 10h 1/2 du soir, éclairs à l'est.
Orléans (3).	15	2	22	40	0	0	»	64	
Roanne (5).	»	»	»	»	»	»	»	136	Ce total s'applique seulement aux 23, 24 et 25 septembre.
Montbrison (5).	»	»	»	»	»	»	»	159	Id.
Clermont-Ferrand (3). . . .	0	0	0	135	45	»	»	180	
Le Puy (3).	»	»	»	50	119	»	»	169	
France (bassin de la Garonne).									
Tulle (3).	4	7	21	42	39	2	0	111	
Montauban (3).	0	0	0	6	75	7	0	88	
Rodez (3).	0	0	5	25	34	15	1	79	Le 23 vers midi, orage.
Espagne et Portugal.									
Lisbonne (1).	0	0	4	8	0	0	0	12	
Madrid (1).	0	0	0	13	2	0	0	15	

Suite du tableau précédent.

DÉSIGNATION des localités.	OBSERVATIONS journalières exprimées en millimètres. — La pluie est tombée pendant la journée de la date inscrite et pendant la nuit suivante.							TOTAL DES PLUIES du 21 au 25 septembre inclusivement.	OBSERVATIONS.
	20	21	22	23	24	25	26		
Italie.									
Alexandrie (Piémont) (1)	0	0	0	0	0	19	15	19	
Rome (1)	0	0	0	0	0	0	6	0	
Naples (1)	0	0	0	0	0	»	»	0	
France méridionale.									
Montpellier (3)	0	0	0	6	3	0	0	9	Quelques éclairs le 21 au matin.—Orage le même jour à 9h du soir.
Nîmes (3)	0	0	0	5	25	0	0	30	
Barcelonnette (3)	0	0	1	0	16	0	7	26	Orage dans la nuit du 24 au 25. — Le 24 orage vers 9h du soir, éclairs et tonnerre au N. et à l'O.
Privas (3)	0	0	7	3	0	30	0	40	
Lyon (obs. de M. Drian) (6)	2	0	0	0	26	0	0	26	
Savoie et Suisse.									
Genève (3)	0	0	0	1	0	10	0	11	Tempête le 23.
Albertville (6)	0	0	0	0	5	16	0	21	
Saint-Bernard (6)	0	0	0	71	113	60	7	244	Tempête le 23 et le 26.
Simplon (7)	»	»	»	20	57	62	68	139	
France (bassin de la Saône).									
Bourg en Bresse (6)	0	1	0	0	10	2	0	13	
Besançon (6)	0	0	0	0	2	0	0	2	
Fort de Joux (6)	0	0	0	0	0	0	0	0	Tempête les 22 et 23.
Vesoul (6)	0	0	0	0	0	0	10	0	
France Orientale.									
Mirecourt (Vosges) (3)	1	1	0	4	3	0	0	8	
Strasbourg (3)	0	1	0	0	0	0	0	1	
Allemagne du Nord.									
Trèves (1)	[illegible]	6	3	3	[illegible]	0	0	15	
Kiel (1)	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0	0	0	0	16	
Leipzig (1)	0	1	5	0	0	0	0	6	
Dresde (1)	0	0	0	0	0	0	0	0	
Breslau (1)	0	0	0	0	0	0	0	0	
Prague (1)	0	0	0	0	0	0	0	0	
Allemagne du Sud et Autriche.									
Munich	0	0	0	0	0	0	0	0	
Kremmünster (haute Autriche)	0	0	0	0	0	0	0	0	
Brünn (Moravie)	0	0	0	0	0	0	0	0	

Digitized by Google

Notes des tableaux, pages 294 et 295.

(1) Observations extraites du *Niederlandsch Meteorologisch Jaarboek voor* 1866.

(2) Observations extraites du *Weather Report* du *Meteorological office* de Londres.

(3) Renseignements dus à l'obligeance de M. Rayet, astronome à l'Observatoire de Paris.

(4) Renseignements dus à l'obligeance de M. Jourjon, ingénieur à Napoléonville.

(5) Renseignements dus à l'obligeance de M. Gonthier, ingénieur à Saint-Étienne.

(6) Commission hydrométrique de Lyon : *Résumé des observations de* 1866, par M. Fournet.

(7) *Uber Eiszeit Föhn und Scirocco*, von H. W. Dove. Berlin, Dietrich Reimer 1867.

L'Angleterre et l'Irlande reçoivent du 21 au 22 septembre des quantités de pluie notables, mais ces pluies, suffisantes pour montrer la continuité du phénomène que nous étudions, n'ont rien d'insolite et ne peuvent produire aucun effet désastreux. Du 20 septembre, à sept heures du matin, au 22 septembre, à sept heures du matin, Valentia, placé sur les côtes occidentales de l'Irlande, ne reçoit que 20 millimètres. Londres a 15 millimètres; Penzance, situé vers la pointe du pays de Galles, 25 millimètres.

La Belgique et la Hollande participent déjà aux pluies qui atteignent la France. Les 21, 22, 23, 24 septembre, Bruxelles reçoit en tout 46 millimètres, Utrecht 37 millimètres.

Nous arrivons en France. Sur les côtes de Normandie, et sur celles de Bretagne, les hauteurs de la pluie ne dépassent pas encore beaucoup celles de l'Angleterre. On a vu que Rouen n'avait reçu que 24 millimètres. Saint-Malo a 35 millimètres; Lamballe (près Saint-Brieuc), 27 millimètres.

Dans le bassin de la Seine, à mesure qu'on approche du point de partage, les pluies torrentielles augmentent d'intensité : c'est l'influence bien connue de l'altitude. Il en est

de même dans le bassin de de la Loire; au Puy, on reçoit 192 millimètres; à Clermont, 184 millimètres. Tout le massif montagneux du centre de la France est atteint.

Le bassin de la Garonne n'est pas épargné; il reçoit la pluie non-seulement sur les versants du plateau central, mais encore dans les régions qui se rapprochent des Pyrénées; Tulle reçoit 130 millimètres, Rodez 81 millimètres, Montauban 87 millimètres, Foix 62 millimètres.

Jusqu'ici tout témoigne donc d'une continuité, d'une régularité parfaites dans l'ensemble des pluies torrentielles. Mais nous arrivons à cette grande arête qui, courant du N.-N.-E. au S.-S.-O., depuis le versant des Vosges jusqu'aux Pyrénées, délimite du côté de l'ouest les bassins de la Saône et du Rhône. Cette arête naturelle semble avoir arrêté le flot d'air humide; on retrouve encore de fortes pluies un peu au delà, mais dans une zone très-restreinte qui n'a, en quelque sorte, que le contre-coup de ce qui se passe dans les régions précédentes. Carcassonne et Montpellier n'ont que 12 et 9 millimètres de pluie; à Grenoble et dans les environs, on a, le 24 septembre au soir, un ouragan formidable, mais pas de pluie extraordinaire.

Lyon et Bourg ne reçoivent que 21 millimètres et 12 millimètres, Besançon que 3 millimètres, Vesoul que 8 millimètres. Le fort de Joux lui-même, placé à l'altitude de 147 mètres sur les pentes occidentales du Jura, ne reçoit pas la moindre pluie.

L'immunité dont jouit le bassin de la Saône, s'étend à l'Alsace et à l'Allemagne; Strasbourg ne reçoit pas de pluie. On a vu plus haut qu'au delà du Rhin les cours d'eau ne présentent aucune élévation qui fasse soupçonner le moins du monde nos inondations. A Dresde, à Breslau, à Munich il n'y a pas une seule pluie depuis le 20 septembre jusqu'à la fin du mois.

Nous arrivons à la Suisse, et ici se présente à nous un phénomène des plus curieux. Tant que nous restons entre

Digitized by Google

la chaîne du Jura et les sommités neigeuses des Alpes, l'immunité dont jouit le bassin de la Saône semble se continuer. Du 23 au 30 septembre, Genève ne reçoit que 10 millimètres observés le 25 septembre. Rathausen, Sarnen, Stanz, Glarus, se plaignent de coups de vent violents, mais ne reçoivent aucune pluie. Mais si nous montons sur les hautes Alpes, aux sources du Rhône, sur la chaîne du mont Blanc, la scène change complétement. Nous trouvons des quantités de pluie énormes, et ici ces pluies torrentielles sont accompagnées et *suivies* de très-violents vents du sud. Le Simplon, du 23 au 26 septembre, reçoit 207 millimètres; le Saint-Bernard 243, formidables quantités de pluie, plus fortes encore que celles de la Haute-Loire (*). Albertville, placé dans notre département français de la Savoie, mais à l'altitude de 363 mètres seulement, ne reçoit que 22 millimètres. Ces fortes pluies tombées, comme on le voit, seulement sur les plus hautes montagnes, amènent dans le Valais, dans la Savoie, d'épouvantables inondations; le chemin de fer qui conduit au mont Cenis est coupé. Les versants méridionnaux des Alpes eux-mêmes ne sont pas épargnés. Pallanza, Bellinzona, reçoivent de fortes quantités d'eau. Au contraire, tout le reste de l'Italie ne se doute même pas de ce qui se passe dans les Alpes et en France : les 21, 22, 23 et 24 septembre sont des jours sans pluie à Milan, Pavie, Florence, Rome, Naples et Catane.

La pression atmosphérique se maintient relativement haute en Italie, tandis qu'en Suisse le minimum barométrique du mois de septembre a lieu le 23.

Les avalanches de pluie qui ont atteint en Suisse les points les plus élevés de ce pays, ne paraissent pas s'être étendues

(*) Il tombe annuellement au Saint-Bernard 1513 millimètres d'eau. Les 243 millimètres tombés du 23 au 25 septembre représentent donc 17 p. 100 environ de la moyenne annuelle : ainsi la hauteur absolue est plus grande que dans la Haute-Loire, mais l'intensité relative est moindre.

Digitized by Google

beaucoup à l'est. En Autriche, on se plaint que depuis le milieu de septembre règne une sécheresse inaccoutumée (*). A partir du 26 septembre, on ne trouve aucune trace de pluie à Brünn (Moravie) et à Kremmünster (Haute-Autriche). On peut seulement remarquer qu'à Kremmünster, le 22 septembre, on signale le ciel comme complétement couvert.

En résumé, l'analyse des pluies tombées dans le dernier tiers de septembre sur toute l'Europe occidentale confirme et étend les conclusions qu'on aurait pu tirer déjà de l'examen des observations faites sur les cours d'eau. Les inondations du mois de septembre 1866 ont été le résultat d'une perturbation atmosphérique venant du nord-ouest de l'océan Atlantique. Cette perturbation, formidable par son intensité, mais relativement restreinte dans son étendue, ne s'est pas fait sentir en Allemagne, mais elle a atteint, plus ou moins, toute la partie de la France qui verse leurs eaux dans la Manche et dans l'Océan ; elle a épargné presque toute la Suisse, mais elle s'est fait sentir sur les plus hauts sommets des Alpes. En France, le bassin de la Saône, au contraire, n'a pas été atteint : il semble que les masses d'air humide se soient épuisées sur les montagnes qui séparent les bassins de la Seine et de la Loire de ceux de la Saône et du Rhône : elles sont donc passées sur la vallée de la Saône et sur le Jura sans y laisser tomber de pluie.

On le voit, c'est dans les immenses espaces de l'Océan qu'il faut chercher la cause première de nos inondations de septembre 1866. C'est, en effet, l'un des grands progrès de notre météorologie moderne, d'avoir rattaché la plupart des phénomènes du temps à de grandes causes générales.

(*) M. Fritsch. *Uberschwemmungen in den Vereinigten Staaten*, dans le numéro du 11 novembre 1866 du *Zeitschrift der Oestreichischen Gesellschaft für Meteorologie.*

Digitized by Google

Dans le cas qui nous occupe, ce caractère de généralité apparaitra encore davantage par la connexité que paraît avoir la perturbation d'Europe avec ce qui se passait vers la même époque en Amérique.

Le 22 septembre 1866, entre cinq heures et huit heures du soir, une tempête épouvantable sévissait sur la colonie française de Saint-Pierre-et-Miquelon, près et au sud de Terre-Neuve (*) : un grand nombre de navires étaient brisés : on recueillit plus de 150 cadavres.

Le 22 septembre, à la Martinique, un terrible ouragan détruisait 11 navires, en faisant périr près de 80 marins.

Le 22 septembre, sur l'Atlantique, à la latitude N. 42° 29′ et à la longitude O. 27° 40′, les vents N.-N.-O. à N. soufflaient violemment. Le 23 septembre régnait une tempête épouvantable (**).

Du 23 au 25 septembre, une tempête S.-E. occasionnait beaucoup de sinistres à Buenos-Ayres.

Les tempêtes de l'Atlantique avaient été précédées dans les États-Unis d'inondations considérables. Le 17 septembre dans la Louisiane et dans divers états du Nord-Ouest, elles avaient été amenées par un ouragan et par des pluies qui se continuaient encore le 20 septembre. L'inondation du Grand-Miami avait anéanti 20 millions de plants de maïs (***).

Les tempêtes de Terre-Neuve et de l'océan Atlantique montrent sur quelle immense étendue notre atmosphère terrestre était bouleversée dans la deuxième moitié de septembre 1866. Elles semblent reporter bien loin le point où

(*) *Annales du sauvetage maritime*, numéro de décembre 1866. — *Annuaire de la Société de météorologie*, juin 1867.

(**) Commission hydrométrique et des orages de Lyon, résumé de 1866, par M. Fournet.

(***) Commission hydrométrique de Lyon, résumé de 1866, par M. Fournet.

Zeistschrift der Oestreichischen Gesellschaft für meteorologie, 11 novembre 1866.

Digitized by Google

il faut aller chercher la cause de nos grandes inondations françaises. Cette cause réside dans les déplacements et les mouvements de ce grand courant aérien qu'on désigne sous le nom de courant équatorial, et qui ramène vers le pôle les masses d'air aspirées continuellement vers les régions supérieures de l'atmosphère par l'échauffement des contrées équatoriales. Quelles sont les causes premières qui, à certaines époques, vers les équinoxes surtout, dévient brusquement ce courant équatorial de la direction qu'il suivait? Comment ces brusques déviations produisent-elles chez nous, dans certaines circonstances, d'épouvantables inondations, tandisque dans d'autres tout se borne à des ouragans, à des bourrasques? Ce sont là des questions que la science étudie, mais qu'il serait pour elle prématuré de vouloir résoudre. L'étude sur une large étendue des grandes perturbations correspondant à nos inondations est, ce nous semble, l'un des éléments essentiels de ces recherches.

On peut espérer que de plus nombreux documents amèneront un jour la solution plus complète de ces grandes questions. Les données numériques que les ingénieurs des ponts et chaussées sont à même de recueillir peuvent être l'un des éléments les plus utiles de pareilles études.

§ III. — Résumé et conclusions.

A partir du 21 septembre 1866, une même perturbation atmosphérique s'est manifestée dans toute l'étendue du bassin de la Seine; nous avons cherché à en réunir ici les divers éléments numériques, et à retrouver ainsi de proche en proche tous les effets de la cause inconnue de ce phénomène si général. Nous avons donc dû étudier, non-seulement son action sur les cours d'eau, mais encore l'intensité des pluies auxquelles elle a donné naissance.

Résultats généraux de cette étude. — I. A Paris, la crue

Digitized by Google

de la Seine n'a pas eu le caractère d'un débordement extraordinaire, mais seulement d'une grande crue ordinaire, elle n'en est pas moins extrêmement remarquable, à cause de la saison où elle a eu lieu et de l'énorme élévation des eaux produite par une seule montée. Sous ces deux rapports, on peut dire que, même au point de vue de la partie inférieure du bassin de la Seine, la crue de septembre 1866 est un phénomène inouï qu'on ne reverra peut-être pas d'ici à plusieurs siècles.

Dans la partie supérieure du bassin, pour l'Yonne, l'Armançon et la haute Seine, les crues de septembre ont atteint des hauteurs tout à fait extraordinaires; elles ont égalé ou même surpassé toutes les crues connues. Le bassin de la Marne a moins souffert ; il n'a ressenti en quelque sorte que le contre-coup de ce qui se passait dans celui de l'Yonne : au lieu de crues extraordinaires, les cours d'eau n'y ont eu que des crues moyennes.

En allant plus loin à l'est on ne trouve plus rien qui rappelle nos inondations : les fleuves allemands sont restés stationnaires. En France, au contraire, les bassins de la Seine, de la Loire et de la Garonne éprouvaient tous trois des inondations extraordinaires et corrélatives.

Les caractères distinctifs des cours d'eau à versants perméables ou imperméables se retrouvent avec la plus grande netteté dans l'étude du développement et de la propagation des crues du mois de septembre 1866 : le bassin de la Seine, si complexe dans sa constitution, est éminemment propre à manifester cette distinction.

Dans les terrains perméables du département de la Côte-d'Or, les crues des cours d'eau ont été produites par des sources éphémères qui ont été observées sur place et décrites en détail par l'un de nous. Ces sources éphémères sont dues à la présence d'une couche demi-perméable qui, dans les grandes pluies, ne se laisse plus traverser; elles ont un rôle prépondérant dans les inondations des terrains

oolithiques; en allongeant les crues de la Seine, elles exercent une influence considérable sur le régime de la partie inférieure de ce fleuve.

Partout et toujours, les eaux des terrains imperméables se sont écoulées avant celles des terrains perméables; ce fait, fondamental dans toutes les questions d'inondations, trouve une confirmation remarquable dans la composition chimique des eaux de la Seine, à Paris, aux différentes époques de la crue; dès que les eaux s'élèvent, la proportion de sels calcaires éprouve une diminution considérable par suite de l'arrivée des eaux torrentielles et surtout des eaux des terrains granitiques; à la fin de la crue, cette proportion augmente, parce que les eaux des terrains perméables arrivent, et avec elles les produits de la dissolution de formations calcaires lavées dans toute leur épaisseur.

II. Les crues ont été le résultat de pluies torrentielles tombées sans discontinuité pendant trente-six heures environ. Ce phénomène a produit tout son effet parce qu'il avait été précédé d'une série très-remarquable de pluies préparatoires qui avaient saturé le sol d'humidité.

Les pluies auxquelles on doit attribuer immédiatement les crues se sont fait sentir d'une manière générale dans toute l'étendue du bassin de la Seine. Dans leur distribution, on retrouve d'une manière remarquable la plupart des relations auxquelles conduit l'étude des moyennes annuelles, par exemple l'influence prépondérante de l'altitude et les inégalités constantes entre diverses localités très-rapprochées. Partant de cette étude, et malgré la complication du phénomène de la pluie, nous avons pu démontrer que le bassin de l'Yonne, et surtout les bassins de l'Armançon, du Serein et de la haute Seine, sont les régions auxquelles la pluie semble s'être tout particulièrement attaquée; c'est là, en effet, que les inondations ont été le plus considérables.

Les pluies torrentielles qui ont produit les crues ont con-

Digitized by Google

stitué un phénomène non-seulement général, mais progressif. Elles se sont manifestées dans la partie inférieure du bassin de la Seine avant de se produire dans la partie supérieure. Leur plus grande intensité avait lieu sur les bords de la mer dès le 22 septembre ; elles sévissaient le 22 et le 23 dans le bassin du Loing ; le 23 et le 24, dans les bassins de l'Yonne et de l'Armançon ; au Puy, c'est le 24, à partir de midi, qu'elles prenaient un caractère tout à fait extraordinaire et qu'elles amenaient le débordement de la Loire.

L'étude des pluies est intimement liée à celle des vents. Dans toute l'étendue du bassin de la Seine, avant le commencement des pluies torrentielles, les vents viennent du S. ou du S.-O ; dès qu'elles sont terminées, le 25 au matin, presque toutes les stations reçoivent le vent de N.-O. La période même de la pluie torrentielle est dans chaque localité une période de calme, quelquefois aussi de succession de vents contraires ; elle est *précédée* de vents assez forts, souvent même violents.

Les observations du baromètre, de même que celles des vents, montrent combien a été générale et intense la perturbation atmosphérique du mois de septembre 1866.

Ce caractère de généralité se reconnaît de plus en plus lorsqu'on cherche à coordonner quelques documents pris sur une plus grande étendue. La période du 21 au 25 septembre paraît être une période de perturbation pour la plus grande partie de l'Océan Atlantique ; en France, toutes les régions qui versent leurs eaux dans l'Océan ou dans la Manche sont atteintes par la poussée du courant équatorial et reçoivent d'énormes pluies. Les pays situés plus à l'est ne sont pas atteints : la Suisse éprouve de violentes tempêtes dues à des vents du sud, mais ces vents ne précipitent des eaux que sur les sommités des Alpes.

III. L'étude des grandes crues de 1866 confirme la différence essentielle plusieurs fois signalée entre le régime des

Digitized by Google

eaux de la partie inférieure et de la partie supérieure du bassin de la Seine. A Paris, par exemple, il faut, pour produire des débordements véritablement extraordinaires, une série de phénomènes météorologiques amenant sur les affluents des crues successives qui s'ajoutent en aval. La partie supérieure, au contraire, est inondée exclusivement, du moins dans les terrains imperméables, par l'effet de phénomènes météorologiques uniques, mais très-intenses.

A ce point de vue, les crues de septembre 1866 peuvent en quelque sorte servir de mesure aux submersions auxquelles est exposée la partie supérieure du bassin de la Seine; les cours d'eau ont, en effet, atteint dans tout le bassin de l'Yonne et de la haute Seine leurs plus grandes hauteurs connues.

Dans les régions les plus atteintes, les résultats des inondations ont été assurément moindres que dans la vallée de la Loire; néanmoins, les pertes ont été considérables, et elles l'auraient été encore bien davantage, par suite de la destruction des récoltes, si le phénomène s'était produit comme d'ordinaire à la fin du printemps. On est ainsi conduit à se demander s'il n'y a pas quelques mesures à prendre, quelque remède à apporter à ces maux trop fréquents.

Progrès à réaliser dans l'aménagement des eaux pluviales. — Depuis longtemps déjà on a signalé, d'une manière générale, l'utilité contre les inondations, de vastes réservoirs établis dans les parties supérieures des principaux affluents d'un grand bassin. Cette idée a été développée par l'un de nous comme pouvant s'appliquer utilement dans les bassins de l'Yonne, de la Cure, du Serein et de l'Armançon, à l'amélioration des terrains imperméables et surtout des terrains granitiques (*). Nous croyons devoir,

(*) *Annales des ponts et chaussées*, 1846, 2e semestre, p. 155, 156, 157, 180. — 1852, 1er semestre, p. 67, 68, 196.

Digitized by Google

en terminant cette étude, appeler de nouveau l'attention sur cette question.

Quelques exemples particuliers peuvent faire juger des immenses avantages qu'un pays peut retirer de l'aménagement des eaux pluviales.

Dans l'Allemagne du Nord, le Harz, cette terre classique de la métallurgie, possède un système d'aménagement et de distribution des eaux qui doit faire l'envie des pays les plus favorisés de l'Europe. Malgré l'énorme force motrice qu'exigent dans le Harz l'exploitation des mines, le traitement des minerais et les industries de toute espèce, on y chercherait en vain une seule machine à vapeur : l'eau seule met tout en mouvement : des canaux, des conduites vont la chercher dans les réservoirs où elle est accumulée et la distribuent partout comme le sang nécessaire à la vie. On conçoit quelle immense économie résulte de l'emploi de cette force gratuite sans cesse renouvelée par la nature. Quelques détails pourront appeler particulièrement l'attention sur cet exemple si remarquable de l'utilisation des eaux (*).

Le Ober-Harz (districts de Clausthal et de Zellerfeld, non compris celui d'Andreasberg) possède soixante-dix étangs

---

(*) Les quelques renseignements qui suivent sont épars dans les ouvrages suivants qui ont précisé pour nous le souvenir des lieux.

Héron de Villefosse. *Richesse minérale*, t. III, chap. I et II.

M. Von Groddeck, *Uebersicht über die technischen Verhältnisse der Blei-und Silber-Bergbaues auf dem Nordwestlichen Ober-Harz*, dans le *Journal de Carnall*, intitulé *Zeitschrift für das Berg-Hütten-und Salinen Wesen* (t. XIV).

Der Ernst-August-Stollen ams Harz; Festschrift, Clausthal, 1864.

M. Schoof. *Beiträge zur Klimatologie des Harzes*, Clausthal, 1865.

M. Prediger. *Carte géologique du Harz.*

M. Buret. *Le Harz*, article publié dans la *Revue de l'Exposition universelle de* 1867, de M. de Cuyper.

Enfin la carte inédite envoyée à l'Exposition universelle de 1867 par l'administration des mines de Clausthal, pour montrer le système d'aménagement des eaux du Harz.

Digitized by Google

artificiels où s'accumule la totalité de la pluie qui tombe sur les plateaux élevés de ce pays; en outre, on prend ces eaux jusque sur les flancs des hautes montagnes du Bruchberg et du Brocken; un canal spécial les amène de là sur le plateau de Clausthal en franchissant un col au moyen d'un remblai très-élevé (Sperberhayer Damm) établi dès l'année 1734.

La superficie totale des soixante-dix étangs du Harz est de 240 hectares; le volume total des eaux qui s'y trouvent emmagasinées est de 15 millions de mètres cubes. Grâce aux chutes dont on dispose, cette quantité d'eau suffit pour mettre en mouvement

Au-dessous du sol :

2 machines à colonnes d'eau;
23 roues hydrauliques,

Au-dessus du sol :

48	roues hydrauliques	pour l'exploitation des mines,
55	—	pour la préparation mécanique des minerais,
14	—	pour les usines de plomb argentifère,
63	—	pour les usines de fer, les forges, les moulins à farine, etc.

Il y a en tout 200 kilomètres de longueur de canaux, tant pour amener les eaux aux étangs que pour les conduire de ceux-ci aux mines et aux usines.

Depuis l'étang le plus élevé (Hirschler Teich) jusqu'à Lautenthal, il y a, pour les roues placées au-dessus du sol, une chute totale de 292 mètres.

Pour les mines, la chute disponible est encore plus considérable : elle est d'environ 370 mètres. En effet, les eaux qui ont sous terre communiqué le mouvement aux pompes d'épuisement et aux autres machines, se réunissent dans diverses galeries et principalement dans le Ernst-August-

Digitized by Google

Stollen, situé à environ 370 mètres au-dessous des plateaux de Clausthal. Ce canal, où l'on réunit toutes les eaux des nappes souterraines, va les rejeter à ciel ouvert à Gittelde; il n'a pas moins de 23 600 mètres de longueur. Ses dimensions sont assez grandes pour qu'on puisse faire en bateau ce long trajet souterrain. Sa largeur est en effet de 1m.90 et sa hauteur de 2m.70. Ce magnifique travail, terminé en 1864, a coûté un peu plus de 3 millions de francs.

D'après les observations pluviométriques faites en différents points du Harz, la situation de ce pays, bien qu'avantageuse à cause de l'intensité des pluies due à l'altitude, n'a rien qu'on ne retrouve dans bien des parties de la France. On constate en effet en moyenne par an :

A Clausthal (altitude 567 mètres), 1m.491 de pluie (moyenne 1845-1864);

Sur le point le plus élevé de tout le Harz, le Brocken (altitude 1141 mètres), 1m.25 et quelquefois 1m.40;

Sur les pentes occidentales des plateaux du Harz, à Osterrode (altitude 213 mètres), 0m.58 (moyenne 1858-1863).

Peu de pays possèdent pour l'utilisation des eaux un système aussi merveilleusement organisé que celui que des efforts continus ont développé dans le Harz depuis plus de trois cents ans. En France en particulier, on ne peut citer dans ce sens que des exemples assez rares et généralement isolés. Le réservoir du Furens, près de Saint-Étienne, est l'un des ouvrages de ce genre qui honorent le plus le corps des ponts et chaussées; en même temps qu'il préserve une ville importante des désastres des crues, il assure à son alimentation et à son industrie de précieuses ressources.

Dans les vallées torrentielles du bassin de la Seine, les pertes qu'amènent les inondations suffiraient peut-être difficilement, à cause de la rareté des crues extraordinaires, à motiver les dépenses de construction de réservoirs spéciaux; mais l'établissement de ces ouvrages dans la partie supérieure

Digitized by Google

des vallées granitiques ne se justifie pas seulement par l'utilité de prévenir les maux résultant des inondations. On peut, il est vrai, concevoir comme complétement distinct les réservoirs propres à emmaginer les crues et ceux qui sont destinés à réserver les eaux pour les besoins de la navigation, de l'agriculture et de l'industrie. Mais on peut également combiner dans le même ouvrage les dispositions propres à réaliser ces deux avantages. Ainsi conçus, les réservoirs, en atténuant les crues, auraient en même temps, à de tout autres points de vue, une utilité incontestée et permanente; l'amélioration de la navigation, le progrès des usines, le développement des irrigations, ont un intérêt énorme à ce que le régime des cours d'eau soit régularisé. On ne doit pas perdre de vue que ce transport incessant de l'eau liquide, depuis les montagnes jusqu'à la mer, constitue un réservoir de force immense et gratuit dont on a trop peu usé jusqu'ici, et que le développement de l'emploi de la vapeur a fait peut-être trop négliger.

Il appartient sans doute à un gouvernement prévoyant de diriger dans ce sens les efforts du pays et d'accroître l'utilisation des forces motrices naturelles en régularisant le débit des cours d'eau. L'établissement du grand réservoir des Settons est un premier pas dans cette voie; qu'il nous soit permis d'espérer que les résultats de cette amélioration si importante appelleront dans les parties granitiques du bassin de la Seine l'exécution d'autres travaux du même genre.

NOTE ADDITIONNELLE.

Notre travail était déjà livré à l'impression lorsque nous avons eu connaissance d'un mémoire très-important publié seulement en 1868 par M. Dufour, le savant physicien de

Lausanne. Ce mémoire a pour titre : *Recherches sur le fœhn du 23 septembre 1866 en Suisse;* il est inséré dans le *Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles*, vol. IX, n° 58.

Le travail de M. Dufour confirme et complète d'une manière très-intéressante, en ce qui concerne la Suisse, les documents que nous avions pu nous procurer. Nous regrettons de ne pouvoir donner ici qu'un résumé très-succinct des observations réunies et discutées par M. Dufour.

1° *Pression atmosphérique.* — La chaîne des Alpes paraît avoir constitué, dans la distribution de la pression atmosphérique, du 20 au 25 septembre 1866, une sorte de limite séparant deux régions fort différentes. Au sud règne une pression à peu stationnaire, en Italie du moins ; au nord se produit une forte oscillation donnant lieu en Suisse à un minimum très-prononcé dans la journée du 23 septembre. Cette dépression, observée en Suisse, est tout à fait semblable à celle qui se faisait sentir, à peu près en même temps, à l'ouest et au nord-ouest de l'Europe. La ligne de plus grande pente, si l'on peut s'exprimer ainsi, des courbes d'égale pression, était dirigée du sud-est au nord-ouest, et c'est immédiatement près du versant septentrional des Alpes que le décroissement était le plus rapide.

2° *Mouvement de l'air.*—Le 22, le 23 et même le 24 septembre ont été dans les différents points de la Suisse des jours de violente tempête, produite par des vents du sud. Ce sont les tempêtes de ce genre que l'on désigne en Suisse sous le nom de *fœhn.*

Le fœhn ne s'est pas fait sentir en premier lieu dans les localités les plus rapprochées des Alpes, ni même sur toutes les sommités alpines. Au contraire, dès la nuit du 21 au 22, les sommets du Jura recevaient un avant-coureur de la tempête.

Digitized by Google

Au sud des Alpes, la situation atmosphérique a été tout autre; du 20 au 25, les localités même les plus rapprochées de la ligne de partage sont demeurées dans un calme qui ne pouvait pas faire soupçonner l'agitation excessive qui régnait à quelques kilomètres de distance; Aoste, Cormayeur, Châtillon, Faido, Trento, ont conservé une atmosphère presque calme pendant que le fœhn se déchaînait à Martigny, Zermatt, Reckingen, Altorf.

3° *Température.* — Les diverses hypothèses que l'on a faites sur l'origine du fœhn rendaient très-importantes, au point de vue théorique, l'étude des températures observées pendant cette tempête. M. Dufour montre que pendant deux ou trois jours ce phénomène a entretenu l'énorme élévation de température de 6 à 8 degrés dans la plus grande partie de la Suisse. Dans certaines stations, à Glaris et à Bex, par exemple, la journée du 24 septembre a été la plus chaude de l'année. Rien de pareil ne se remarque en Italie, même dans les points les plus voisins des Alpes.

4° *Pluie.*—La Suisse a présenté, du 20 au 26 septembre, des conditions tout opposées de sécheresse et d'humidité. Dans la plupart des vallées et sur le plateau suisse, le fœhn est accompagné d'une sécheresse des plus marquées: au contraire, sur la grande chaîne des Alpes, depuis le mont Blanc jusqu'aux Grisons, on a observé le 23, le 24 et le 25, des pluies torrentielles. L'un des exemples les plus remarquables de ces différences est celui que présente la vallée où se trouve le chemin du grand Saint-Bernard. A l'hospice, le 23 septembre, il tombait des torrents d'eau. A Saint-Pierre, à 9 kilomètres de la haute chaîne, la pluie était déjà beaucoup moins abondante; plus bas encore, à Liddes et à Orsières, elle était nulle, et le débordement des cours d'eau pouvait paraître inexplicable.

En Italie, les stations situées immédiatement au sud des Alpes (Aoste, Cormayeur, Pallanza), ont reçu des pluies

Digitized by Google

abondantes le 24, le 25 et même dès le 23 septembre. Plus au midi, il ne tombe pas d'eau du 18 au 25, mais le 26 la pluie est générale sur toute l'Italie.

5° *Observations d'Alger.* — M. Dufour fait remarquer les curieuses coïncidences qu'ont présentées les observations météorologiques de Suisse et d'Algérie. Contrairement à ce qui a eu lieu en Italie, un minimum barométrique très-marqué s'est produit à Alger, le 23 septembre, à trois heures. Le 21 et le 22 septembre, la température a subi un accroissement considérable, accompagné d'une sécheresse notable. Enfin dans la soirée du 21, dans toute la journée du 22 et dans la matinée du 23, les vents venaient du sud et avaient très-probablement leur origine dans le désert.

M. Dufour, en terminant, cherche à expliquer l'ensemble de ces différentes observations en supposant qu'un appel d'air ait été provoqué sur une grande échelle par la dépression barométrique qui avait lieu au nord-ouest de l'Europe. Dans cette hypothèse, le courant supérieur qui se porte, en déviant vers l'est, du Sahara vers l'Asie centrale, aurait été momentanément attiré vers l'ouest et serait devenu courant inférieur au nord de la grande chaîne des Alpes. L'élévation de température signalée en Suisse serait due alors à la compression de cet air, descendant des sommets des Alpes jusque dans les vallées, et forcé ainsi d'y prendre brusquement une plus grande densité.

N° 196

EXPÉRIENCES

Sur la résistance des matériaux à l'écrasement;

Par M. Paul MICHELOT, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

DEUXIÈME PARTIE.

PIERRES DE TAILLE DU BASSIN DE PARIS.

1. Dans un premier mémoire inséré aux *Annales des ponts et chaussées* (1863, 1er semestre, pages 185-208), après avoir rappelé les travaux des expérimentateurs qui nous ont précédé, décrit nos procédés d'expérience et fait connaître les diverses espèces de pierres que fournit le bassin de Paris, nous avons donné un tableau en 286 articles, comprenant la hauteur d'assise, le poids métrique et la force portante d'un grand nombre de ces pierres.

Nous présentons aujourd'hui un supplément considérable à ce tableau, puisqu'il contient 252 articles qui se rapportent à 69 natures de pierres, dont 47 ne figuraient pas dans notre premier travail.

2. Les nombreuses expériences résumées ici ont été faites, comme les précédentes, au moyen de la machine à levier que nous avons fait construire en 1853 et que nous avons successivement perfectionnée pendant les dix années suivantes; cette machine est depuis 1863 installée au Conservatoire des arts et métiers. Nous n'avons depuis lors apporté aucune modification digne d'être signalée ni dans la disposition de l'appareil ni dans la marche des opérations.

Digitized by Google

Mais nous avons pu récemment constater par des vérifications positives l'exactitude des résultats calculés d'après nos expériences, grâce au précieux concours de notre savant camarade et ami M. H. Tresca, ingénieur sous-directeur du Conservatoire, qui a fait construire, en vue de ces vérifications, un manomètre à colonne de mercure d'une grande précision, et en a opéré lui-même la graduation de la manière suivante :

La presse hydraulique à quatre corps de pompe, qui sert aux essais du Conservatoire, ayant été démontée, ces corps de pompe ont été posés sur une fondation solide aux quatre coins d'une salle et sont devenus les points d'appui d'une plate-forme en charpente, susceptible d'être chargée de poids croissant jusqu'à 37 000 kilogrammes.

L'eau contenue sous les pistons étant mise en communication avec le manomètre, la plate-forme a été chargée progressivement de 500 en 500 kilogrammes au moyen de poids et de caisses remplies de boulets jusqu'à la limite de 37000 kilogrammes pour tarer le manomètre, et ensuite déchargée de même à titre de vérification. Cette opération a marché très-régulièrement et a donné pour chaque millimètre de mercure une valeur de 55^{k}.01.

Le nouveau manomètre, après avoir été ainsi directement et exactement gradué, a été mis à notre disposition pour servir aux expériences de vérification de la machine à levier, que nous avons exécutées avec l'assistance de M. Alfred Tresca, préparateur du Cours de mécanique au Conservatoire. Pour bien comprendre en quoi ont consisté ces expériences, il est nécessaire d'avoir présent à l'esprit le fonctionnement de notre appareil, et nous prions le lecteur de vouloir bien se reporter à l'article précité des *Annales* (1863, 1er semestre, pages 188 et suivantes et Pl. 50).

Cela fait, nous dirons que les quatre corps de pompe qui avaient servi à la graduation du manomètre ont été rapprochés et posés sur la poutre horizontale de notre appareil,

Digitized by Google

puis recouverts d'une plaque de fonte et d'un chapeau sur lequel le cône de pression agit comme si ce chapeau eût posé sur un cube de pierre en expérience.

Ces corps de pompe étant ensuite remis en communication avec le manomètre, nous avons exécuté dans ces conditions plusieurs séries d'expériences en faisant varier successivement, et simultanément au besoin, la charge du plateau fixe et celle du plateau mobile, puis la distance du point de pression au point de rotation, soit le rapport des deux bras de levier. Ces expériences ont marché avec une régularité parfaite; un même accroissement de charge donnant toujours lieu à une même élévation du mercure, et les chiffres calculés au moyen des tables établies en vue de nos essais journaliers donnant des chiffres sensiblement égaux à ceux indiqués par la tare du manomètre. Les plus fortes différences n'ont pas atteint 1/20 lorsque le petit bras de levier était de $0^m.20$; elles étaient moitié moindres pour $0^m.50$, et cet accord remarquable s'est soutenu tant que la pression totale n'a pas dépassé 26 000 à 28 000 kilogrammes. Nous avons reconnu qu'au delà de cette limite, on ne pourrait plus compter sur les indications de la machine; mais nous n'avions d'ailleurs jamais opéré sous d'aussi grandes charges, pour d'autres raisons pratiques qui nous avaient depuis longtemps fait adopter la règle de ne pas dépasser 20 000 kilogrammes.

Comme d'ailleurs on calcule dans la pratique la charge des matériaux au 1/10 de la force portante instantanée, il en résulte que cette charge déduite de nos expériences peut être considérée comme exacte de 1/200 à 1/400 près.

Nous sommes donc autorisé à dire que notre appareil ne laisse rien à désirer sous ce rapport essentiel, en même temps que sa simplicité en rend l'usage et l'entretien très-faciles. Cette constatation est d'autant plus satisfaisante pour nous que, si nos résultats s'accordaient très-bien avec ceux de Rondelet et d'autres expérimentateurs pour les

pierres tendres et demi-dures, ils les dépassaient notablement pour la plupart des pierres dures, roches, marbres et granits, en suivant une progression qui nous semblait plus conforme à la nature des matériaux, mais qu'il était indispensable d'établir rigoureusement.

3. Dans notre premier mémoire, nous avons défini les diverses natures de pierres que fournit le bassin de Paris, et que les constructeurs désignent sous les noms de marbres, liais et cliquards, roches et pierres dures, bancs francs, bancs royals, vergelés et lambourdes, Saint-Leu et pierres grasses, grès et grès bâtards; et nous avons indiqué sommairement les groupes de carrières, d'où l'on tire ces différents matériaux et les assises géologiques auxquelles on peut les rapporter.

Nous allons compléter ces indications en ce qui concerne les pierres comprises dans le tableau ci-après, où nous les avons distribuées, comme dans le précédent, en trois catégories répondant aux emplois qui en sont faits.

A. *Marbres, liais, pierres dures plus ou moins fines et compactes.* — Le seul marbre ou calcaire susceptible de poli, qui soit exploité en grand dans le bassin de Paris, est toujours la pierre dite de Château-Landon, dont les principales carrières sont aujourd'hui à Souppes (Seine-et-Marne). Les nouvelles expériences que nous avons eu occasion de faire sur des échantillons provenant des carrières du Boulay et de Courpin ont donné des résultats supérieurs aux précédents et prouvent que la qualité de cette belle pierre ne dégénère pas.

On a tenté à diverses reprises, mais jusqu'ici sans succès, l'exploitation en vue des constructions de Paris d'autres calcaires d'eau douce, analogues au Château-Landon, tels que ceux de Méréville (Seine-et-Oise) et de Nogent-sur-Vernisson (Loiret), que nous avons éprouvés à la demande de nouveaux carriers.

Les liais deviennent de plus en plus rares dans la ban-

Digitized by Google

lieue de Paris ; le plus employé est celui de Carrières-Saint-Denis, qui n'est autre chose qu'un vergelé fin et dur appartenant au calcaire grossier moyen ou à miliolithes, et qui manquait dans notre première série d'expériences.

Parmi les matériaux de ce genre dont on se sert aujourd'hui à Paris et qui conviennent le mieux pour les marches et les dalles à l'intérieur, on peut citer les liais de Vendresse (Aisne) et de Courville (Marne), compris dans notre présent tableau ; le dernier notamment fait un bon effet dans le dallage de la nouvelle salle des Pas-Perdus au Palais de Justice.

Nous avons compris dans la présente division les bancs royals durs de Méry-sur-Oise, qui sont, comme le liais de Carrières-Saint-Denis, des vergelés résistants et peuvent être employés de même en marches, entablements, etc.

B. *Roches, bancs francs, pierres plus ou moins grossières et coquillières.*—Il en est des roches comme des liais ; elles s'épuisent dans la banlieue de Paris ; les carrières de Vitry, du Moulin de la Roche, d'Arcueil et de Bagneux, qui figuraient à notre premier tableau et nous ont encore fourni quelques échantillons, diminuent d'importance d'année en année ; celles de Clamart, de Meudon et de Sèvres conservent plus d'activité ; mais c'est à des exploitations plus éloignées, à celles du département de l'Aisne particulièrement, qu'il faut recourir pour des fournitures importantes et sûres.

A côté des carrières de Laversine, d'Aisy et de Pargny, qui restent les plus importantes du Soissonnais, on peut citer celles de Puiseux et de Saint-Pierre-Aigle, dont nous avons éprouvé les matériaux et qui ont de l'avenir ; nous avons aussi étudié les différents bancs des carrières de Longpont, ouvertes à l'occasion des travaux du chemin de fer de Soissons à Laon, ainsi que ceux de Moloy et de Silly, dans la vallée de l'Ourcq, qui sont à bas prix, mais de médiocre qualité.

Digitized by Google

Les pierres dites de Saint-Nom haut et bas, roches de qualité supérieure, très-employées surtout à Versailles et à Saint-Germain, manquaient à notre premier tableau; nous avons comblé cette lacune dans celui-ci, mais nous avons appris avec regret que les carrières qui les produisent et qui sont situées sur la commune de Chavenay (Seine-et-Oise), paraissent assez près d'être épuisées.

D'autres exploitations ont été ouvertes dans le voisinage de Saint-Nom, notamment à Crespierre, où l'on tire une roche dure que nous avons aussi essayée.

Un peu plus loin, à Montainville, près Maule, on a repris l'ancienne carrière de Falaise dans les bancs du calcaire pisolitique (terrain crétacé supérieur, étage Danien), qui présente en cet endroit une épaisseur de 25 mètres, et dont la texture est certainement plus ferme et plus homogène que dans aucun autre des rares lambeaux de ce terrain disséminés dans le bassin de Paris. Nos expériences montrent que des six bancs exploités à Falaise, quatre au moins varient peu de dureté et peuvent être utilement employés dans les travaux publics, comme ils l'ont été récemment au radier du barrage de Suresnes.

Notre tableau comprend de nouveaux essais sur les pierres de Saillancourt, de Tessancourt et de Chérence (Seine-et-Oise), qui continuent d'être activement exploitées; nous y avons ajouté celle de Damply, commune d'Oinville, dont la nature se rapproche du Tessancourt, et qui est également résistante et de bonne qualité.

C. *Bancs royals tendres, lambourdes, vergelés, pierres demi-dures et tendres, fines, maigres ou grasses.* — Notre premier tableau était très-complet en ce qui concerne, d'une part les pierres tendres de la plaine, qui ne s'emploient guère que dans les bâtiments peu importants, et d'autre part celles de la vallée de l'Oise, notamment des environs de Creil (Saint-Maximin, Saint-Waast-lès-Mello, Laigneville, etc.), qui sont les meilleures de cette nature et les plus recher-

chées à Paris. Nous n'avons donc à y ajouter qu'un petit nombre de chiffres relatifs principalement aux bancs royals et vergelés de Méry-sur-Oise, dont le grain est souvent plus beau que celui des pierres de Creil, mais qui présentent moins de garantie de durée.

Nous avons aussi fait connaître les pierres tendres de la vallée de l'Oise, en remontant jusqu'à Pont-Sainte-Maxence, nous signalons aujourd'hui celles de Verberie, pierres grasses, de bonne nature, mais de médiocre résistance, et celles de Ressons-le-Long, près de Vic-sur-Aisne, plus faibles encore et comparables sous ce rapport aux pierres de Houilles (Seine-et Oise), bien connues des constructeurs parisiens.

Notre tableau comprend encore les différents bancs tendres des carrières de Longpont, qui représentent assez bien les couches du calcaire grossier inférieur exploitées dans une grande partie du département de l'Aisne, par exemple à Vierzy, à Bitry, à Cuts, etc., sous les noms de pierres fines, et qui sont plus maigres, plus blanches et moins gélives que le Saint-Leu, auquel elles correspondent géologiquement. Nous avons enfin éprouvé trois vergelés de l'Aisne, d'une excellente qualité : celui de Wassens, dont la masse fournit avec celle d'Autresche des pierres à Vic-sur-Aisne, à Compiégne et jusqu'à Paris; celui de Billy-sur-Aisne, exploité de temps immémorial dans d'immenses carrières qui s'étendent jusqu'à Septmonts, et dont toutes les maisons de Soissons ont tiré leurs matériaux, et celui de Colligis, dont les exploitations également anciennes et étendues ont la même importance pour la ville de Laon.

4. Le tableau ci-après n'étant que le supplément de celui inséré aux *Annales* de 1863, nous y avons continué la même série de numéros; en réunissant ces deux tableaux, on connaîtra à bien peu près toutes les pierres de taille du bassin de Paris qui jouent un certain rôle dans les constructions de cette ville et des départements environnants, et qui sont aujourd'hui transportées par wagons ou par bateaux jusqu'au Havre, à Boulogne, à Lille et à Bruxelles.

Digitized by Google

Numéro d'ordre.	Dates des expériences.	DÉSIGNATION DES MATÉRIAUX.	Hauteur d'assise.	Poids du mètre cube.	Résistance par centimètre carré.	Observations.
		BASSIN DE PARIS.	mètres.	kilog.	kilog.	
		A. *Marbres, liais, pierres dures plus ou moins fines et compactes.*				
287	1863	Château-Landon . . . . haut . .	0.50	2570	876	(1)
288	—	Carrière du Boulay, M. Mouchon. . . . . bas . .		[illegible]	703	
289	—	Carrière de Courpin, M. Lepeintre. . . . . . bas. . .	à	[illegible]	[illegible]	
290	—	Commune de Souppes (Seine-et-Marne). . . . haut .		2604	916	
	—	Pierre de Méréville	1.00			
291	1864	Carrière de M. Duquesnoy	1.00	2503	913	(2)
	—	Commune de Méréville (Seine-et-Oise)				
292	1864	Pierre de Nogent-sur-Vernisson . . . . 1er banc.		2505	434	(2) bis.
293	—	Carrière de M. Maisonneuve . . . . 2e banc.	0.60	2405	358	
	—	Commune de Nogent-sur-Vernisson (Loiret)				
294	1864	Liais de la Croix-d'Arcueil. . . . . haut . .		[illegible]	391	(3)
295	—	Carrière de M. Chanal, nº 2183. . . . . milieu.	0.25 à 0.30	2216	497	
296	—	Commune d'Arcueil (Seine). . . . . bas. . .		1994	199	
297	1864	Liais de Carrières. . . . . 1er bloc. haut . .		2225	330	(4)
298	—	Carrière de M. Poreau. . . . . milieu.	0.35	[illegible]	646	
299	—	*Id.* . . . . bas. . .	à	2060	314	
300	1867	*Id.* . . . . 2e bloc. haut . .		2381	632	
301	—	*Id.* . . . . milieu.	0.55	2452	665	
302	—	Comm. de Carrières-St-Denis (Seine-et-Oise). bas. . .		2030	230	
303	1867	Pierre de Vendresse. . . . . haut . .		2372	853	(5)
304	—	Carrière de M. Desrosiers. . . . . milieu.	0.30 à 0.50	2436	869	
305	—	Commune de Vendresse (Aisne). . . . . bas. . .		2223	640	
306	1864	Liais de Courville. . . . . haut . .		[illegible]	641	(6)
307	—	Carrière de M. Lacroix . . . . milieu.	0.35 à 0.40	[illegible]	[illegible]	
308	—	Commune de Courville (Marne) . . . . bas. . .		2150	396	
309	1863	Banc royal dur de Méry. . . . . haut . .		2122	232	(7)
310	—	Carrière de M. Lebailly. . . . . milieu.	0.60 à 0.80	2184	268	
311	—	Commune de Méry-sur-Oise (Seine-et-Oise). bas. . .		2193	283	
312	1864	Banc royal dur de Méry. . . . . haut . .		1806	119	(7)
313	—	Carrière de M. Letellier. . . . . milieu.	0.60 à 0.80	2067	243	
314	—	Commune de Méry-sur-Oise (Seine-et-Oise). bas. . .		1620	64	

(1) Le Château-Landon est d'un grain homogène dans les différentes carrières et les divers bancs exploités ; mais il présente plus ou moins de tubulures, ce qui fait varier le poids et la résistance.

(2) Calcaire compacte, lacustre, analogue au Château-Landon.

(2 *bis*.) Calcaire compacte grisâtre, analogue au Château-Landon, mais moins homogène.

(3) Les liais et bancs royals durs, nºˢ 294 à 317, ne sont jamais homogènes dans la hauteur de l'assise, le bas étant généralement plus tendre que le milieu et le haut; on a constamment éprouvé des cubes pris dans les trois parties d'un même morceau, d'ailleurs bien ébousiné comme on l'exige dans les travaux publics.

(4) Le liais de Carrières est un vergelé fin et résistant, intercalé dans la masse du calcaire grossier moyen, il s'emploie en balcons et entablements.

(5) La pierre de Vendresse est un véritable liais très-employé pour dallage dans les églises de Reims, de Laon, etc., et aussi à Paris.

(6) Liais fin et dur, très-bon pour dallage, employé au Palais de Justice de Paris.

(7) Les bancs royals durs de Méry proviennent, comme le liais de Carrières, de veines plus fermes dans la masse des vergelés, et passent à ceux-ci par les bancs royals tendres.

Digitized by Google

Numéros d'ordre.	Dates des expériences.	DÉSIGNATION DES MATÉRIAUX.		Hauteur d'assise	Poids du mètre cube	Résistance par centimètre carré.	Observations.
				mètres.	kilog	kilog	
315	1864	Banc royal demi-dur de Méry.	haut . .		1 9[illegible]3	149	(1)
316	—	Carrière de M. Quesnel.	milieu .	0.60 à 0.80	1 770	135	
317	—	Commune de Méry-sur-Oise (Seine-et-Oise).	bas. . .		1 833	140	
		B. *Roches, bancs francs, pierres dures plus ou moins grossières et coquillières.*					
318	1863	Banc franc de Saint-Frambourg.	haut . .		2 062	298	(2)
319	—	Carrière de M. Georges, n° 2190	milieu .	0.35 à 0.45	1 995	227	
320	—	Commune d'Ivry (Seine).	bas. . .		1 873	196	
321	1863	Banc franc de Vitry.	haut . .		2 205	342	
322	—	Carrière de M. Leclair, n° 2359.	milieu .	0.40 à 0.50	2 173	417	
323	—	Commune de Vitry (Seine).	bas. . .		1 988	251	
324	1863	Banc gris de Vitry.	haut . .		2 127	261	
325	—	Carrière de M. Leclair, n° 2359.	milieu .	0.30 à 0.40	2 200	299	
326	—	Commune de Vitry (Seine).	bas. . .		2 056	205	
327	1863	Banc d'argent de Vitry.	haut . .		2 054	246	
328	—	Carrière de M. Leclair, n° 2359.	milieu .	0.20 à 0.25	2 173	302	
329	—	Commune de Vitry (Seine).	bas. . .		2 079	286	
330	1864	Recherche du Moulin.	haut . .		1 977	165	
331	—	Carrière de M^me^ Dubut, n° 2472.	milieu .	0.40	2 070	268	
332	—	Commune de Gentilly (Seine).	bas. . .		2 001	190	
333	1864	Banc franc du Moulin.	haut . .		1 996	171	
334	—	Carrière de M^me^ Dubut, n° 2472.	milieu .	0.40	2 153	348	
335	—	Commune de Gentilly (Seine).	bas. . .		1 997	209	
336	1864	Roche du Moulin	haut . .		2 112	218	
337	—	Carrière de M^me^ Dubut, n° 2472.	bas. . .	0.45	2 109	308	
338	—	Commune de Gentilly (Seine).			1 692	79	
339	1864	Plaquette dure du Moulin.	haut . .		2 189	283	
340	—	Carrière de M^me^ Dubut, n° 2472.	milieu .	0.15	2 212	322	
	—	Commune de Gentilly (Seine).	bas. . .		»	»	
341	1864	Plaquette franche du Moulin.	haut . .		1 879	175	
342	—	Carrière de M^me^ Dubut, n° 2472.	bas. . .	0.15	1 754	82	
	—	Commune de Gentilly (Seine).			»	»	
343	1864	Banc franc de la plaine de Constantine. . . .	haut . .		1 980	193	
344	—	Carrière de M. Sollier, n° 2501.	milieu .	0.35	2 089	293	
345	—	Commune de Gentilly (Seine).	bas. . .		2 048	207	
346	1864	Roche de la Croix-d'Arcueil.	haut . .		2 335	635	(3)
347	—	Carrière de M. Triozon, n° 768.	milieu .	0.55 à 0.60	2 567	543	
348	—	Commune d'Arcueil (Seine).	bas. . .		2 015	221	

(1) Les bancs royals durs de Méry proviennent comme le liais de Carrières de veines plus fermes dans la marne des vergelés, et passent à ceux-ci par les bancs royals tendres.

(2) Les roches et bancs francs n^os^ 318 à 404 et 418 à 455 ne sont jamais homogènes dans la hauteur d'assise, le milieu ou cœur étant généralement plus dur que le haut et le bas ; on a généralement éprouvé des cubes pris dans les trois parties d'un même morceau, d'ailleurs bien ébousiné comme on l'exige dans les travaux publics.

(3) Type des roches proprement dites de la plaine, aujourd'hui à peu près épuisées.

Numéros d'ordre.	Dates des expériences.	DÉSIGNATION DES MATÉRIAUX.		Hauteur d'assise.	Poids du mètre cube.	Résistance par centimètre carré.	Observations.
				mètres	kilog.	kilog.	
349	1863	Roche de la plaine de Bagneux.	haut.		2 282	346	(1)
350	—	Carrière de M. Maugarny, n° 2067.	milieu.	0.60 à 0.65	2 457	777	
351	—	Commune de Bagneux (Seine).	bas.		1 956	207	
	1863	Banc franc de la plaine de Bagneux.			»	»	
352	—	Carrière de M. Maugarny, n° 2067.	haut.	0.25	2 251	315	
353	—	Commune de Bagneux (Seine).	bas.		2 122	297	
354	1863	Roche de la plaine de Fleury.	haut.		2 369	578	
355	—	Carrière de M. Jouron, n° 497.	milieu.	0.45 à 0.50	2 461	738	
356	—	Commune de Clamart (Seine).	bas.		2 187	368	
357	1863	Roche de l'Ambition.	haut.		2 357	490	
358	—	Carrière de M. Sandrin, n° 2441.	milieu.	0.45 à 0.55	2 350	523	
359	—	Commune de Clamart (Seine).	bas.		2 319	505	
360	1863	Roche de l'Ambition.	haut.		2 189	336	
361	—	Carrière de M. Lerembert, n° 2064.	milieu.	0.45 à 0.55	2 294	478	
362	—	Commune de Clamart (Seine).	bas.		2 284	478	
363	1863	Banc royal de l'Ambition.	haut.		2 064	220	(2)
364	—	Carrière de M. Ducluzeaux, n° 981.	milieu.	0.30	2 216	447	
365	—	Commune de Clamart (Seine).	bas.		2 006	208	
366	1863	Banc royal de l'Ambition.	haut.		1 836	132	(2)
367	—	Carrière de Mme Simonet, n° 2408.	milieu.	0.40 à 0.60	2 045	268	
368	—	Commune de Clamart (Seine).	bas.		2 020	276	
369	1863	Banc royal de Fleury, n° 1.	haut.		2 036	239	(2)
370	—	Carrière de M. Jouron, n° 497.	milieu.	0,45	1 969	192	
371	—	Commune de Clamart (Seine).	bas.		1 872	162	
372	1863	Banc royal de Fleury, n° 2.	haut.		2 062	187	(2)
373	—	Carrière de M. Jouron, n° 497.	milieu.	0.40 à 0.50	1 954	130	
374	—	Commune de Clamart (Seine).	bas.		1 867	100	
375	1863	Roche de Nanterre.	haut.		2 104	285	
376	—	Carrière de M. Lorimay.	milieu.	0.40 à 0.50	2 169	417	
377	—	Commune de Nanterre (Seine).	bas.		1 893	350	
378	1863	Banc franc de Nanterre.	haut.		2 168	327	
379	—	Carrière de M. Lorimay.	milieu.	0.35 à 0.45	2 165	332	
380	—	Commune de Nanterre (Seine).	bas.		2 123	256	
381	1867	Roche de Sèvres.	haut.		2 301	300	
382	—	Carrière de M. Dubois.	milieu.	0.50	2 295	272	
383	—	Commune de Sèvres (Seine-et-Oise).	bas.		2 212	210	
384	1867	Roche de Sèvres.	haut.		1 975	165	
385		Carrière de M. Leret.	milieu.	0.50	2 290	349	
386	—	Commune de Sèvres (Seine-et-Oise).	bas.		1 959	176	

(1) Type des roches proprement dites de la plaine, aujourd'hui à peu près épuisées.

(2) Les bancs dits bancs royals durs de la plaine, sont plutôt des roches douces ou bancs francs peu coquilliers.

Digitized by Google

Numéros d'ordre.	Dates des expériences.	DÉSIGNATION DES MATÉRIAUX.	Hauteur d'assise.	Poids du mètre cube.	Résistance par centimètre carré.	Observations.
			mètres.	kilog.	kilog.	
387	1867	Banc franc de Sèvres. . . . . haut . .		2178	327	
388	—	Carrière de M. Leret. . . . . milieu .	0.40	1814	114	
389	—	Commune de Sèvres (Seine-et-Oise). . . . . bas. . .		2021	280	
390	1867	Banc royal de Sèvres. . . . . haut . .		2137	317	(1)
391	—	Carrière de M. Leret. . . . . milieu .	0.60	1929	151	
392	—	Commune de Sèvres (Seine-et-Oise). . . . . . bas. . .		1774	71	
393	1867	Lambourde ferme de Sèvres. . . . . haut . .		2074	220	(1)
394	—	Carrière de M. Leret. . . . . milieu .	0.35	2064	172	
395	—	Commune de Sèvres (Seine-et-Oise). . . . . bas. . .		1892	112	
396	1864	Saint-Nom bas. . . . . haut . .		2246	346	(2)
397	—	Carrière de M. Manuel. . . . . milieu .	0.20 à 0.35	2263	520	
398	—	Commune de Chavenay (Seine-et-Oise). . . . bas. . .		2229	352	
399	1864	Saint-Nom haut . . . . haut . .		2281	359	(2)
400	—	Carrière de M. Manuel. . . . . milieu .	0.40 à 0.50	2104	279	
401	—	Commune de Chavenay (Seine-et-Oise). . . . bas. . .		2280	544	
402	1865	Roche de Crespierre. . . . . haut . .		2330	503	
403	—	Carrière de M. Denizot. . . . . milieu .	0.50 à 0.60	2201	334	
404	—	Commune de Crespierre (Seine-et-Oise). . . . bas. . .		2272	444	
405	1865	Roche de Montainville. . . . . 1er banc. haut . .		2256	350	(3)
406	—	Carrière de Falaise . . . . bas. . .		2277	472	
407	—	M. Desmarest . . . . 2e banc. haut . .		2398	522	
408	—	Com. de Montainville (Seine-et-Oise). bas. . .		2385	529	
409	—	*Id.* . . . . 3e banc. haut . .		2335	409	
410	—	*Id.* . . . . bas. . .		1952	119	
411	—	*Id.* . . . . 4e banc. haut . .	0.40 à 1.00	2264	336	
412	—	*Id.* . . . . bas. . .		2278	227	
413	—	*Id.* . . . . 5e banc. haut . .		2129	225	
414	—	*Id.* . . . . bas. . .		1974	129	
415	—	*Id.* . . . . 6e banc. haut . .		2212	315	
416	—	*Id.* . . . . milieu .		2223	366	
417	—	*Id.* . . . . bas. . .		2149	286	
418	1864	Banc franc de Moloy. . . . . haut . .		2246	404	(4)
419	—	Carrière de MM. Duez et Letellier. . . . . . . milieu .	0.50 à 0.80	2279	437	
420	—	Commune de La-Ferté-Milon (Aisne). . . . . bas. . .		2149	269	
421	1864	Banc franc de Silly. . . . . haut . .		1830	112	(4)
422	—	Carrière de MM. Duez et Letellier. . . . . . . milieu .	0.40 à 0.50	2209	346	
423	—	Commune de Silly-la-Poterie (Aisne). . . . . bas. . .		2310	471	
424	1867	Roche de Puiseux . . . . haut . .		2067	171	
425	—	Carrière de MM. Larsonnier et Macadré. . . . milieu .	0.40 à 0.50	2181	375	
426	—	Commune de Puiseux (Aisne). . . . . bas. . .		2033	260	

(1) Lambourde dure dans le haut, ce qui oblige de la scier à l'eau et au grès.

(2) Le Saint-Nom bas et le Saint-Nom haut proviennent du même banc, qui varie de hauteur dans la masse et qui est généralement d'autant plus dur et plus fin, qu'il est moins épais.

(3) Calcaire pisolitique jaunâtre, assez homogène, non gélif, en bancs épais et bien suivis, les uns poreux et coquilliers, les autres subcompactes et très-durs.

(4) Employé principalement comme libage.

Digitized by Google

Numéros d'ordre.	Dates des expériences.	DÉSIGNATION DES MATÉRIAUX.		Hauteur d'assise.	Poids du mètre cube.	Résistance par centimètre carré	Observations.
				mètres.	kilog.	kilog.	
427	1867	Demi-roche de Puiseux.	haut. .		2074	284	
428	—	Carrière de MM. Larsonnier et Macadré. . . .	milieu.	0.60 à 0.70	1856	189	
429	—	Commune de Puiseux (Aisne).	bas. . .		1095	120	
430	1867	Banc royal de Puiseux	haut. .		1949	220	(1)
431	—	Carrière de MM. Larsonnier et Macadré. . . .	milieu.	0.60 à 0.70	1860	169	
432	—	Commune de Puiseux (Aisne).	bas. . .		1785	147	
433	1863	Roche de Longpont-la-Grille.	haut. .		2437	759	
434	—	Carrière de M. Lherbette	milieu.	0.40 à 0.50	2383	791	
435	—	Commune de Longpont (Aisne).	bas. . .		2364	660	
437	1863	Roche fine de Longpont-la-Grille.	haut. .		2102	464	(2)
437	—	Carrière de M. Lherbette.	milieu.	0.40 à 0.50	2110	529	
438	—	Commune de Longpont (Aisne	bas. . .		2353	761	
439	1863	Banc franc de Longpont-la-Grille.	haut. .		1866	132	
440	—	Carrière de M. Lherbette.	milieu.	0.50	1938	221	
441	—	Commune de Longpont (Aisne).	bas. . .		1826	189	
442	1863	Banc royal dur de Longpont-la-Grille.	haut. .		2041	261	(3)
443	—	Carrière de M. Lherbette.	milieu.	0.45	1955	274	
444	—	Commune de Longpont (Aisne).	bas. . .		1669	122	
445	1863	Gros banc de Longpont-la-Grille	haut. .		2024	239	(4)
446	—	Carrière de M. Lherbette.	milieu.	0.60 à 1.00	2050	281	
447	—	Commune de Longpont (Aisne).	bas. . .		1841	121	
448	1863	Libage de Longpont-la-Grille.	haut. .		1927	172	(5)
449	—	Carrière de M. Lherbette.	milieu.	0.40 à 0.60	2061	308	
450	—	Commune de Longpont (Aisne).	bas. . .		1931	200	
451	1865	Roche franche de Courville.	haut. .		2297	352	
452	—	Carrière de M. Lacroix.	milieu.	0.25 à 0.30	2526	778	
453	—	Commune de Courville (Marne).	bas. . .		2110	186	
454	1865	Banc franc de Courville.	haut. .		2191	196	
455	—	Carrière de M. Lacroix.	milieu.	0.60 à 0.70	2160	210	
	—	Commune de Courville (Marne).			»	»	
456	1863	Pierre de Saillancourt.	haut. .		1910	130	(6)
457	—	Carrière de M. Quesnel. . . . . . . 2ᵉ banc.	bas. . .		1876	108	
458	—	Commune de Sagy (Seine-et-Oise).	haut. .		2195	544	
459	—	*Id.* . . . . 3ᵉ banc.	bas. . .		1936	174	
460	—	*Id.*	haut. .	0.60 à 1.00	2211	403	
361	—	*Id.* . . . . 4ᵉ banc.	bas. . .		2149	366	
462	—	*Id.*	haut. .		2102	191	
463	—	*Id.* . . . . 5ᵉ banc.	bas. . .		2059	148	

(1) Banc royal grossier, mais ferme.
(2) Roche d'un grain fin et greseux, et pouvant s'employer en dallages et entablements.
(3) Banc royal grossier, mais ferme.
(4) Banc à verrains (cerithium giganteum), de 2 mètres d'épaisseur, d'un grain fin et assez homogène.
(5) Banc à nummulites, avec grain de quartz, difficile à tailler.
(6) Le 2ᵉ banc n'est employé que dans la localité, et le 5ᵉ est peu exploité; ce sont le 3ᵉ et le 4ᵉ banc ayant ensemble 2 à 3 mètres d'épaisseur, qui fournissent des matériaux aux travaux publics.

Digitized by Google

Numéros d'ordre.	Dates des expériences	DÉSIGNATION DES MATÉRIAUX.	Hauteur d'assise.	Poids du mètre cube	Résistance par centimètre carré	Observations.
			mètres.	kilog.	kilog.	
		Pierre de Tessancourt.		»	»	(1)
464	1867	Carrière de M. Quesnel. . . . . haut .	0.50 à 1.00	2 334	446	
465	—	Commune de Tessancourt (Seine-et-Oise). . bas. . .		2 270	396	
466	1867	Pierre de Damply . . . . haut . .		2 398	365	(2)
467	—	Carrière de M. Quesnel. . . . . milieu .	0.60 à 0.90	2 415	449	
468	—	Commune d'Oinville (Seine-et-Oise). . . . . . bas. . .		2 391	359	
		Pierre de Cherence		»	»	
469	1867	Carrière de M. Fournier. . . . . 1^er^ bloc.	0.60 à 1.00	2 239	448	
470	—	Commune de Chérence. . . . . 2^e^ bloc.		2 200	455	
		C. ***Bancs royals tendres, lambourdes, vergelés, pierres demi-dures et tendres, fines, maigres ou grasses.***				
471	1864	Banc royal du Moulin. . . . . haut . .		1 734	77	
472	—	Carrière de M^me^ Dubut, n° 2472. . . . . . . milieu .	0.40 à 0.60	1 476	52	
473	—	Commune de Gentilly (Seine). . . . . bas. . .		1 536	48	
474	1863	Lambourde du Moulin. . . . . haut . .		1 457	54	
475	—	Carrière de M^me^ Dubut, n° 2472. . . . . milieu .	0.40 à 0.80	1 706	107	
476	—	Commune de Gentilly (Seine). . . . . bas. . .		1 609	50	
477	1867	Lambourde de Nanterre . . . . haut . .		1 433	41	
478	—	Carrière de M^me^ Nezot. . . . . milieu .	0.60 à 1.00	1 443	41	
479	—	Commune de Nanterre (Seine). . . . . bas. . .		1 441	41	
		Vergelé de Conflans				
480	1867	Carrière de M. Tessé.	0.60 à 1.00	1 835	87	
		Commune de Conflans-Sainte-Honorine (Seine-et-Oise).				
481	1864	Banc royal de Jouy-le-Comte. . . . . haut . .		1 665	70	(3)
482	—	Carrière de MM. Duez et Letellier. . . . . . . milieu .	0.50 à 0.80	1 716	95	
483	—	Commune de Jouy-le-Comte (Seine-et-Oise). . bas. . .		1 642	66	
484	1863	Banc royal tendre de Méry. . . . . . 1^er^ bloc. haut . .		1 731	103	(3)
485	—	Carrière de M. Bélier. . . . . milieu .		1 790	115	
486	—	Com. de Méry-sur-Oise (Seine-et-Oise). bas. . .	0.60 à 0.80	1 651	78	
487	1864	*Id.* . . . . 2^e^ bloc. haut . .		1 751	109	
488	—	*Id.* . . . . milieu .		1 670	90	
489		*Id.* . . . . bas. . .		1 737	121	
490	1864	Vergelé de Méry. . . . . haut . .		1 672	66	
491	—	Carrière de M. Bélier. . . . . milieu .	0.40 à 1.00	1 696	71	
492	—	Commune de Méry-sur-Oise (Seine-et-Oise). bas. . .		1 728	66	
493	1864	Vergelé de Méry . . . . haut . .		1 628	82	
494	—	Carrière de M. Letellier. . . . . milieu .	0.60 à 0.80	1 582	71	
495	—	Commune de Méry-sur-Oise (Seine-et-Oise). bas. . .		1 597	67	

(1) La masse de Tessancourt, qui a de 5 à 6 mètres d'épaisseur, se divise en sept bancs, dont les matériaux ont été antérieurement essayés (1^re^ partie, n^os^ 167 à 173). Le bloc éprouvé en 1867, appartenait à la partie de cette masse moyenne et la plus dure.

(2) Pierre analogue au Tessancourt, d'une teinte plus blanche.

(3) Les bancs royals tendres de la vallée de l'Oise ne sont que des vergelés un peu plus fermes; ils proviennent de la même masse, et n'ont en réalité pas plus de valeur.

Digitized by Google

Numéros d'ordre.	Dates des expériences.	DÉSIGNATION DES MATÉRIAUX.	Hauteur d'assise.	Poids du mètre cube.	Résistance par centimètre carré.	Observations.
			mètres.	kilog.	kilog.	
496	1864	Banc royal tendre de l'Abbaye-du-Val. . . . . haut . .		1 694	97	(1)
497	—	Carrière de Mme Aubriot. . . . . milieu .	0.50 à 0.80	1 639	81	
498	—	Commune de l'Isle-Adam (Seine-et-Oise . . . bas. . .		1 690	99	
		Vergelé de Nucourt.				
499	1867	Carrière de M. Achenbach.	0.50 à 0.80	1 629	85	(2)
	—	Commune de Nucourt (Seine-et-Oise).				
500	1863	Banc royal de Marly. . . . . haut . .		1 917	166	
501	—	Carrière de M. Leclaire. . . . . milieu .	0.50 à 1.00	1 663	98	
502	—	Commune de Marly-la-Ville (Seine-et-Oise). . bas. . .		1 613	72	
		Pierre douce de Verberie.				
503	1863	Carrière de Noël-Saint-Martin, M. Blanchet	0.50 à 1.00	1 640	79	(3)
	—	Commune de Villeneuve-sur-Verberie (Oise).				
504	1864	Pierre douce de Verberie. . . . . . . 1er bloc. haut . .		1 568	50	(3)
505	—	Carrière de Noël-Saint-Martin. . . . bas. . .		1 718	95	
506	—	M. Riom. . . . . 2e bloc. haut . .		1 628	58	
507	—	Commune de Villeneuve-sur-Verberie (Oise). . . . . milieu .		1 616	56	
508	—	*Id*. . . . . bas. .		1 568	50	
509	—	*Id*. . . . . 3e bloc. haut . .	0.60 à 1.00	1 601	58	
510	—	*Id*. . . . . milieu .		1 578	57	
511	—	*Id*. . . . . bas. . .		1 590	58	
512	—	*Id*. . . . . 4e bloc. haut . .		1 614	63	
513	—	*Id*. . . . . milieu .		1 742	109	
514	—	*Id*. . . . . bas. . .		1 642	81	
515	1865	Vergelé de Wassens. . . . . haut . .		1 550	78	(4)
516	—	Carrières de MM. Vigne, Fressard et Vaillot. milieu .	0.50 à 1.00	1 572	74	
517	—	Commune de Wassens (Aisne). . . . . bas. . .		1 576	72	
518	1864	Pierre tendre de Ressons. . . . . . . 1er banc. haut . .		1 554	33	
519	—	Carrières de MM. Picq et Bélier. . . milieu .		1 565	34	
520	—	Comm. de Ressons-le-Long (Aisne). bas. . .		1 570	35	
521	—	*Id*. . . . . 2e banc. haut . .		1 528	35	
522	—	*Id*. . . . . milieu .	0.60 à 1.00	1 569	39	
523	—	*Id*. . . . . bas. . .		1 530	32	
524	—	*Id*. . . . . 3e banc. haut . .		1 513	34	
525	—	*Id*. . . . . milieu .		1 540	30	
526	—	*Id*. . . . . bas. . .		1 571	41	
527	1863	Pierre tendre de Longpont-la-Grille . . . . . 1er banc.		1 527	57	(5)
528	—	Carrière de M. Lherbette. . . . . 2e banc.		1 622	72	
529	—	Commune de Longpont (Aisne). . . . . 3e banc.	0.60 à 1.00	1 604	73	
530	—	*Id*. . . . . 4e banc.		1 571	55	
531	—	*Id*. . . . . 5e banc.		1 586	46	

(1) Les bancs royals tendres de la vallee de l'Oise ne sont que des vergelés un peu plus fermes ; ils proviennent de la même masse, et n'ont en réalité pas plus de valeur.

(2) Vergelé très-fin et non gélif, il est souvent moins résistant (1re partie, n° 220, 54 kilog.).

(3) Pierre grasse de bonne qualité, correspondant au Saint-Leu.

(4) Très-bon vergelé, non gélif, quelquefois rubané.

(5) Pierre blanche, assez fine et peu gélive; les 2e et 3e bancs plus fermes, sont qualifiés bancs royals.

Digitized by Google

Numéros d'ordre.	Dates des expériences.	DÉSIGNATION DES MATÉRIAUX.	Hauteur d'assise.	Poids du mètre cube.	Résistance par centimètre carré.	Observations.
			mètres	kilog	kilog	
532	1867	Vergelé de Billy.				
	—	Carrière de M. Cluet	0.40 à 0.08	1 462	43	(1)
	—	Commune de Billy-sur-Aisne (Aisne).				
533	1867	Vergelé de Colligis . . . . 1er banc. haut . .	0.60 à 1.00	1 405	40	(2)
534	—	Carrière de M. Charpentier. . . . . . bas. . .		1 454	39	
535	—	Commune de Colligis (Aisne). . . . . 2e banc. haut . .		1 471	51	
536	—	*Id.* . . . . bas. . .		1 453	45	
537	—	*Id.* . . . . 3e banc. haut . .		1 308	38	
538	—	*Id.* . . . . bas. . .		1 392	43	

(1) Bon vergelé, très-employé à Soissons.
(2) Vergelé fin, homogène et non gélif, très-employé à Laon.

Paris, le 6 mai 1868.

N° 197

NOTE

Sur le bac de Courceroy;

Par M. LAGOUT, ingénieur des ponts et chaussées.

Dans la première tournée de prise de possession du service de la navigation de la Seine entre Conflans et Paris, M. l'ingénieur en chef Cambuzat a été frappé du fonctionnement simple et facile d'un bac, desservant la petite commune de Courceroy, près de Nogent-sur-Seine, et nous a suggéré l'idée de préparer à ce sujet une note pour les *Annales.*

Nous l'avons fait d'autant plus volontiers, qu'un examen plus attentif de ce petit pont mobile nous a fait découvrir des particnlarités utiles à signaler à nos camarades.

Il n'y a rien de mystérieux dans son organisme, et tout le monde l'aurait inventé..., en théorie du moins, bien entendu ; en pratique, c'est tout autre chose.

M. Fléche, conducteur des ponts et chaussées, était chargé par la commune de Courceroy de l'établissement d'un bac.

Il avait choisi pour modèle le bac desservant sur la Seine le petit hameau de la Tombe, situé dans le département de Seine-et-Marne. Il a cependant cherché à faire mieux, et il a bien réussi.

D'abord on a établi sur une des rives de la rivière un treuil d'amarrage fixe, au lieu de simples pieux pour enrouler le câble.

Cette amélioration est importante en ce sens qu'elle économise un temps précieux pour allonger ou raccourcir le

Digitized by Google

câble, suivant la hauteur des eaux, et que cette manœuvre se fait facilement et sans danger.

Ensuite le rouleau-guide en bois, avec revêtement de tôle, sur lequel roulait le câble, était placé au milieu de la longueur du bac, en dedans, où il était gênant pour les voitures. On l'a remplacé par une poulie horizontale en fer de $0^m.40$ de diamètre, mise en saillie sur le flanc extérieur du bac, tandis que le rouleau primitif n'avait que $0^m.20$ de diamètre.

Voici encore deux autres améliorations : aisance dans le bac et frottement du guide-roulant réduit des deux tiers, ce qui diminue d'autant l'effort de traction. En outre, les poulies verticales, qui étaient posées aux extrémités du bac et au tiers à peu près de sa largeur, présentaient deux graves inconvénients : d'abord l'emplacement était peu favorable ; il nécessitait l'enlèvement de la poulie à chaque voyage pour laisser le passage libre aux voitures. Le deuxième inconvénient de cette poulie verticale, dont le support n'était pas solidaire avec la base (puisqu'il fallait l'enlever à chaque voyage), était qu'elle tendait à laisser échapper la corde chaque fois que le plan dans lequel se trouvait le câble brisé par la poulie n'était pas vertical, c'est-à-dire perpendiculaire à l'axe de la poulie.

On avait imparfaitement remédié à cela par une chape pour tenir le câble captif, mais au prix de frottements contre cette chape et de perte de force.

Dans le nouveau bac, les poulies d'avant et d'arrière sont en fer, de $0^m.22$ de diamètre, posées horizontalement avec un axe fixe, et dès lors faisant corps au bateau.

Pour l'emplacement des poulies, on s'est efforcé de trouver la position de *plus grande docilité* du bateau à obéir à la faible impulsion du courant. Grâce aux premiers perfectionnements, il suffit de poser le câble sur les poulies d'*avant*, pour que le mouvement tende à se produire ; le câble s'incline de plus en plus jusqu'à atteindre le bord du ba-

teau, il le presse, mais la résistance s'accroît rapidement, et il faut vaincre ce frottement intempestif à grand renfort de bras.

Le fermier imagina alors de lui-même le petit galet qui résout le problème. Ce n'est pas lui, certes, qui a inventé que la résistance est bien moindre au roulement qu'au glissement, cela est acquis de tout temps; mais, en définitive, il en a fait une heureuse application, et il a été le premier à en profiter.

Ceux qui auront à établir un bac sur un cours d'eau animé d'une certaine vitesse, 1 mètre environ par seconde à la surface, pourront donc utiliser ces renseignements. Il n'est pas besoin de dire que le principe du mouvement du *bac automoteur* est le même que celui du cerf-volant; l'un et l'autre resteraient en repos dans un milieu sans vitesse.

Dépenses du mécanisme.

	fr.
Bois pour pieux, treuil, 1^m^.60 à 90 francs.	144
Câble en fer de 0^m^.025 de diamètre, 250 kilog. à 1^f^.40.	350
Fourniture de la poulie du milieu, toute montée ci.	25
Fournitures de 2 petites poulies d'extrémité, toutes montées.	30
Fourniture de 2 galets roulants posés.	6
	555
Somme à valoir pour terrassements, grès dur pour la stabilité des pieux, goudronnage des bois et peinture au minium du câble, etc. . .	95
Total..	650

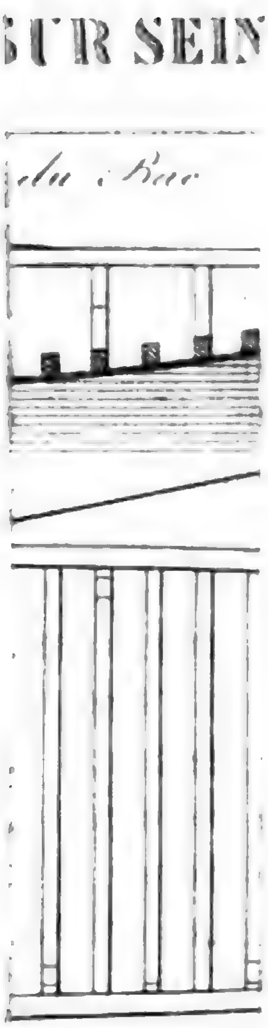

UR SEIN
du Bac

PLANCHE 173. — *Légende explicative des figures.*

Fig. 1. Plan des lieux.

Fig. 2. Profil en travers de la rivière, indiquant la position du câble à différentes hauteurs d'eau.

Fig. 3, 4, 5. Différentes positions du bac pendant la traversée.

Fig. 6 et 7. Détail du treuil d'amarrage du câble sur la rive gauche.—Élévation et plan.

Fig. 8 et 9. Détail des pieux d'amarre sur la rive droite.— Élévation et plan.

Fig. 10, 11, 12. Plan, coupes en long et en travers du bac, et situation du câble.

Fig. 13 et 14. Détail de la grande poulie. — Élévation et plan.

Fig. 15 et 16. Détail d'une petite poulie et de son galet.—Élévation et plan.

Nogent-sur-Seine, 18 mars 1868.

Digitized by Google

CHRONIQUE.

Septembre 1868.

SOMMAIRE. — Chemins de fer de l'Inde anglaise. — Voies des chemins de fer d'Allemagne. — Bibliographie. — Bulletin bibliographique.

Chemins de fer de l'Inde anglaise. — Le rapport officiel sur les chemins de fer de l'Inde, pour l'année 1866-67, fournit sur ce grand ensemble de travaux des renseignements détaillés auxquels sont empruntés les chiffres suivants :

L'année 1866-67 n'a pas été très-favorable au développement des affaires dans l'Inde ; cependant les travaux des chemins de fer n'ont pas été interrompus, grâce aux avances de fonds faites par l'Etat, et, pour la première fois, les deux grandes compagnies *East Indian* et *Great Indian Peninsula* ont pu distribuer à leurs actionnaires un dividende excédant le chiffre de 5 p. 100 garanti par le gouvernement.

Le tableau suivant (page 333) résume l'état d'avancement des lignes concédées aux diverses compagnies.

Le capital de construction s'élevait au 1er mai 1867 à près de 1 700 000 000 francs, soit environ à 300 000 francs par kil. Les matériaux expédiés d'Angleterre depuis l'origine des travaux jusqu'au 1er janvier 1867 représentent une valeur de 500 000 000 francs, et un poids de 2 700 000 tonnes environ, dont le fret pour l'Inde est environ de 50 francs la tonne.

Le matériel roulant se compose de 795 locomotives, 1830 voitures à voyageurs et 17,500 voitures à marchandises.

Les recettes brutes de l'année finissant au 30 juin 1866 ont été de 113 431 000 francs, présentant sur l'année précédente une augmentation de plus de 35 000 000 francs. Les frais d'exploitation se sont élevés à 55 637 000 francs, soit à 49 p. 100 de la recette. Le

Digitized by Google

combustible est expédié d'Angleterre et revient aux compagnies de 72 à 90 francs la tonne.

DÉSIGNATION des chemins.		Longueur totale concédée (environ) :	Longueur ouverte du 1er janvier 1866 au 1er mai 1867.	Longueur en exploitation au 1er mai 1867.	Longueur restant à exécuter		
					en 1867 et 1868.	ultérieurement.	Total.
		kilomèt.	kilomèt.	kilomèt.	kilomèt.	kilomèt.	kilomèt.
East Indian.	Ligne principale	2 053.9	3.2	1 820.5	»	233.3	233.3
	Ligne de Jubbulpore..	362 0	»	»	362.0	»	362.0
Great indian Peninsula. .		2 038.5	241.8	1 371.9	679.1	»	679.1
Madras.	Ligne du Sud-Ouest.	791.7	»	791.7	»	»	»
	Ligne du Nord-Ouest.	535.9	54.7	246.2	96.5	193.1	289.6
Bombay, Barada et Central India..		502.1	»	492.4	10.4	»	10.4
Scinde.		175.4	»	175.4	»	»	»
Punjab.		407.2	»	407.2	»	»	»
Punjab Delhi..		515.0	48.3	48.3	231.7	226.9	458.6
Eastern Bengal.		255.9	»	183.4	»	72.4	72.4
Great Southern.		267.1	76.5	202.7	62.8	»	62.8
Calcutta et South Eastern		46 7	»	46.7	»	»	»
Indian Branch.		1 126.5	67.6	67.6	»	1 059.0	1 059.0
Total.		9 077.9	492.1	5 854.0	1 442.5	1 784.7	3 227.2

Le nombre des voyageurs transportés pendant l'exercice 1865-1866 a été de 12 867 000. Le produit du prix des places forme à peu près 30 p. 100 de la recette brute. Le parcours kilométrique des trains de toute sorte a été de 16 300 000 kilomètres.

Le nombre des stations est de 233. Le nombre total des employés de tout ordre est de près de 34 000, parmi lesquels les Européens figurent seulement pour 2 700 environ.

Déduction faite du partage des bénéfices sur les lignes où les dividendes ont excédé 5 p. 100, le gouvernement anglais a payé, en 1866-67, une somme de 20 millions de francs pour garantie d'intérêt. On espère que la garantie d'intérêt en 1867-68 ne dépassera pas 12 millions de francs.

Le nombre total des actionnaires des chemins de fer de l'Inde s'élève à 44 000 parmi lesquels les natifs figurent pour moins de 1 p. 100.

L'Etat, dans les traités passés avec les compagnies, fixe le maximum des prix de transport. Les compagnies restent libres de modifier leurs tarifs au-dessous de ces prix maximum.

Digitized by Google

La compagnie de l'*Indian branch* a été la dernière admise à profiter de la garantie d'intérêt offerte par l'Etat. Son traité diffère de celui des autres compagnies par quelques points assez importants. L'Etat peut reprendre le chemin à l'expiration de chaque période de 10 années écoulées depuis la 20e année de l'exploitation, en payant à la compagnie le capital représentatif du bénéfice des 3 années qui auront précédé cette reprise. Si l'Etat n'exerce ce droit qu'après 100 années d'exploitation, il ne payera à la compagnie que le montant du capital du premier établissement. De son côté, la compagnie, à telle époque qu'elle jugera convenable, peut remettre la ligne à l'Etat et exiger le remboursement de son capital de premier établissement.

Voies des chemins de fer d'Allemagne. — L'union des administrations des chemins de fer d'Allemagne vient de publier la statistique de la superstructure de toutes les lignes des compagnies qui sont entrées dans l'union ; 79 planches donnent les profils des rails actuellement employés ainsi que le mode d'attache sur les traverses et le mode d'éclissage (*).

Ce travail est précédé de quelques observations générales qui résument l'état de cette partie de l'art de l'ingénieur en Allemagne.

M. Michel, ingénieur des ponts et chaussées, veut bien nous communiquer l'extrait suivant de cette publication :

Forme des rails. — Le rail à large base (rail vignoles), est généralement considéré comme la forme la plus convenable pour les chemins de fer. Sur les 2 909 milles (**) de longueur qui composent le développement des lignes de l'union, 70 milles seulement appartenant à 4 compagnies présentent encore le rail à double champignon. Trois de ces quatre compagnies y ont renoncé pour les constructions nouvelles. La question est donc entièrement jugée en Allemagne sous ce rapport.

Hauteur et largeur des rails. — La hauteur la plus généralement employée pour les rails est de 0m.120 à 0m.130 sur 1 224 milles.

La largeur du patin est de 0m.100 à 0m.105 sur 1 486

La largeur du champignon est de 0m.55 à 0m.60 sur 1 580

La largeur de la tige est de 0m.014 à 0m.017 sur 1 375

Poids des rails. — Le poids est de 70 à 75 livres par mètre courant sur 2 150 milles.

(*) *Organ für die fortschritte des Eisenbahnwesens. Zweiter supplement band.* — Wiesbaden, 1868.

(**) Le mille allemand (24 00 pieds) vaut 7 400 mètres.

La longueur est généralement de 6 à 7 mètres (sur 1 966 milles).

Éclisses. — Toutes les voies sont éclissées aux joints des rails. La longueur des éclisses est de $0^m.45$ à $0^m.50$ sur 1 424 milles et sauf sur un petit chemin de 38 milles de long, partout on a maintenu les éclisses à l'aide de 4 boulons.

Traverses. — On paraît abandonner les plaques de fer sous le joint comme présentant plus d'inconvénients que d'avantages.

Les rails sont fixés sur les traverses au moyen de clous, d'une manière à peu près exclusive. Deux entailles dans le patin du rail, pour loger les clous de pose, suffisent pour arrêter le mouvement longitudinal des rails en avant.

L'emploi des traverses en bois est à peu près exclusif.

La créosote, le chlorure de zinc, le sulfate de cuivre sont les substances employées en proportion à peu près égale pour la préparation des traverses. Cependant on remarque en Bavière et en Autriche une tendance à renoncer à la préparation des bois et à recourir aux traverses de chêne non imprégnées.

On trouve les traverses de chêne sur 1 535 milles de longueur.

Le joint des rails est placé en porte à faux (sans traverses de joint) sur une longueur de 206 milles : toutes les fois que l'éclissage est assez solide et la voie bien établie, le joint en porte à faux se comporte très-bien.

Essai de voies entièrement métalliques. — Huit des compagnies des chemins de fer allemands ont fait des essais de voies métalliques sur un parcours total de 5 milles.

Sauf deux petits essais avec supports en fonte, les systèmes généralement employés en Allemagne sont les rails à supports continus. On n'hésite pas à leur donner la préférence sur les systèmes de traverses métalliques essayés en France, ou de cloches en fonte usitées en Angleterre ou sous les tropiques.

Les motifs de la préférence des ingénieurs allemands sont de donner un support régulier et continu, peu coûteux ; d'annuler toute tendance au déversement par des liaisons transversales, solides et faciles à établir.

Parmi les 11 systèmes de voies métalliques essayés, le système Hartwich, à cause de sa simplicité et de son bon marché, paraît devoir l'emporter.

La partie métallique de la voie Hartwich pèse 139.9 livres par mètre courant et coûte actuellement environ 40 000 francs par kilomètre.

On doit compter que la fabrication des rails Hartwich se fera

Digitized by Google

bientôt au même prix que celle des rails ordinaires pesant 37.50 kilog. par mètre courant, et cette voie ne coûtera pas plus qu'une voie sur traverses en chêne.

De plus on apportera sans doute à ce système des améliorations et des simplifications ; de sorte qu'il se répandra rapidement et remplacera peu à peu les supports en bois qui sont peu solides et exigent un entretien continuel (1).

La voie Hartwich est posée sur une longueur de 18 kilomètres 1/2 sur le chemin de Kempten à Kalten-Kirchen.

Bibliographie. — *Le Constructeur*, par Reuleaux, professeur à l'Institut des arts et métiers de Berlin, 2e édition. Brunswick. 1865.

Cet ouvrage dont M. Michel a bien voulu se charger de rendre compte, est un manuel pour le constructeur de machines. Le but de l'auteur est de donner place à la fois aux enseignements de la théorie et à ceux de la pratique. Dans la préface, il critique la méthode française, qui, suivant lui, sacrifie trop la pratique à la théorie.

Pour guider les constructeurs dans le choix des dimensions à donner aux organes des machines, il pose, sans les démontrer, les formules à l'aide desquelles on peut calculer les principales dimensions, en raison des efforts à supporter. Puis il indique, par de nombreuses gravures sur bois intercalées dans le texte, les dispositions les plus convenables, les formes consacrées par l'expérience. Ces figures, exécutées avec un soin remarquable, sont de nature à rendre les plus grands services aux constructeurs. Tous les détails de chaque organe de machine, pompes, pistons, bielles ou même rivets et boulons, sont cotés en fonction de la dimension fondamentale, comme le diamètre, par exemple, d'une pompe ou d'un boulon. On comprend combien de tâtonnements sont évités par la précision avec laquelle a été traitée cette partie du manuel.

L'ouvrage se compose de deux parties : la première a pour objet la résistance des matériaux. L'auteur donne dans des tableaux les coefficients de résistance des différents matériaux, les moments d'inertie des formes les plus usitées dans l'industrie, entre dans des détails très-complets sur les solides d'égale résis-

---

(1) On trouvera dans l'ouvrage de M. Couche, *Voie, matériel roulant et exploitation technique des chemins de fer*, t. Ier, p. 233, la description du rail Hartwich, dont la forme est celle du rail à patin avec une hauteur de 0m,235 à 0m,288 au lieu de 0m,120 à 0m,130.

Au chemin de Cologne à Minden, on fait un essai sur 400 mètres de double voie avec le rail Hartwich réduit à une hauteur de 0m,2095.

tance et sur les formes qui donnent la meilleure répartition de la matière employée.

Ce chapitre se termine par un exposé intéressant sur les différentes formes de ressorts métalliques. Mais, à notre avis, toute la première partie est trop écourtée et l'auteur eût bien fait de sacrifier un peu à la méthode française, en développant la théorie de manière à en déduire les formules qu'il se contente de produire sans les expliquer.

La seconde partie de l'ouvrage a pour objet les éléments qui servent à la construction des machines et s'étend avec un soin particulier sur les divers organes qui peuvent servir à la transmission des mouvements, quel que soit le moteur employé, quel que soit le but que l'on a en vue.

Nous signalerons spécialement les chapitres consacrés aux roues à frottement, aux courroies, ou câbles de transmission et aux roues d'engrenage. Ces organes ont une importance capitale pour le bon emploi des forces dont dispose le mécanicien. L'utilité des câbles de transmission inventés par M. Hirn ressort de ce fait cité par l'auteur que dans une usine, près de Francfort-sur-le-Mein, une force de 100 chevaux est transmise à 784 mètres de distance avec un succès remarquable. Un autre exemple des plus intéressants est l'établissement de turbines sur la rive gauche du Rhin, près de Schaffouse. Elles empruntent au courant une force de 600 chevaux, que des câbles de transmission portent à diverses usines construites sur la rive droite.

Les chapitres de la seconde partie ont comme annexe des tables numériques où se trouvent calculés pour diverses hypothèses les résultats, comme poids ou dimensions, que l'on a le plus d'intérêt à connaître dans la pratique.

Le manuel se termine par diverses tables contenant les formules usuelles pour les courbes, les surfaces et les solides, les lignes trigonométriques, et enfin une réduction des nombres donnés dans le cours de l'ouvrage en mesures de Prusse ou d'Autriche; car l'auteur, il est bon de le dire, a fait constamment usage des mesures métriques.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Août-septembre 1868.

Lamé-Fleury. Code annoté des chemins de fer en exploitation, ou recueil méthodique et chronologique des lois, décrets, ordonnances, arrêtés, circulaires, etc., concernant l'exploitation technique et commerciale des chemins de fer, publiés, commentés, annotés au moyen de décisions des autorités administratives et judiciaires, et mis en ordre par Lamé-Fleury, ingénieur en chef au corps impérial des mines. 2e édition, tenue au courant de la législation et de la jurisprudence. In-8, xvi-1125 p., lib. Guillaumin et Ce; A. Chaix et Ce.

Le Gras. Phares des côtes des Iles-Britanniques, corrigés en juin 1868; par A. Le Gras. In-8, 89 p. Paris, imp. P. Dupont

Publications du dépôt de la marine.

Charié-Marsaines. Mémoire sur le sauvetage des naufragés; par Charié-Marsaines, inspecteur général des ponts et chaussées, en retraite. In 8, 32 p; lib. Dunod.

Extrait des Annales des ponts et chaussées, t. XVI, 1868.

Loi sur l'achèvement des chemins vicinaux et documents parlementaire relatifs à cette loi, publiés par ordre de Son Exc. M. Pinard, ministre de l'intérieur. In-8, 484 p. Paris, imp. impériale.

Marchal. Nouvelle notice sur les frais de construction et d'entretien des chemins vicinaux de grande communication; par M. Marchal, ingénieur en chef des ponts et chaussées; précédée des observations faites sur la première notice, par MM. les agents voyers en chef de Loir-et-Cher et de la Côte-d'Or. In-8, 30 p.; lib. Dunod.

Pour la chronique :
Hervé Mangon.

N° 198

NOTE COMPARATIVE

Sur les portes en métal et en bois qui existent aux écluses du Canal du Nivernais.

Par M. CAMBUZAT, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Un grave accident, arrivé en 1866 à la porte d'aval d'une écluse du Canal du Nivernais, me conduisit à comparer les portes en bois et les portes en métal des écluses de ce canal, qui a été achevé et livré à la navigation en 1843. Les premières portes des écluses furent posées de 1827 à 1842, en moyenne vers 1835. Le plus grand nombre de ces portes étaient en fonte et tôle, ou en fonte, fer et tôle, surtout dans le département de la Nièvre, et le petit nombre en bois. Au bout de vingt-cinq ans on avait remplacé presque toutes les portes en bois par d'autres portes en bois, et de 1858 à 1865 on avait substitué plusieurs portes en bois à des portes en métal dans le département de la Nièvre. Au contraire dans le département de l'Yonne de 1855 à 1859 on avait remplacé 11 portes en bois par des portes métalliques.

Au chômage de 1865 on avait visité avec soin et réparé les portes des écluses; il faut bien dire que presque tous les anciens ventaux métalliques sont cassés et raccommodés avec des bandes de fer appliquées aux poteaux tourillons et busqués et surtout aux entretoises; chaque année on fait quelques réparations de ce genre, néanmoins jamais il n'était arrivé d'accident, quand le 30 juillet 1866, deux jours avant le commencement du chômage, la porte mé-

Digitized by Google

tallique d'aval de l'écluse de Dirol (n° 34 du versant de la Seine), dans le département de la Nièvre, se brisa subitement avec un grand bruit et tomba en morceaux, pendant que l'on remplissait le sas, qui était à peine à moitié plein. On eut recours à l'emploi des poutrelles pour faire passer les bateaux qui restaient en amont de cette écluse. Un pareil accident n'est jamais arrivé avec une porte en bois, du moins je n'en ai pas connaissance, et je ne le regarde pas comme possible si on entretient convenablement les portes en bois et si on les remplace en temps utile.

Le 6 octobre 1866 je présentai un projet étudié par M. l'ingénieur Lévy et ayant pour but de remplacer par des portes en bois cinq portes métalliques et de construire aussi en bois deux portes d'attente destinées à parer à quelque nouvel accident, toujours à craindre avec un grand nombre de vieilles portes métalliques. En 1866 il y avait sur tout le parcours du Canal du Nivernais (174 kilom.) de Decize à Auxerre :

32 écluses ayant des portes en bois;
58 écluses et portes de garde ayant des portes en fonte et en tôle;
32 écluses et portes de garde ayant des portes en fer, fonte et tôle.
122

A cette occasion je recherchai et j'établis le prix de revient des dernières portes en métal et en bois construites sur le Canal du Nivernais.

Portes métalliques. — Les onze portes métalliques posées dans le département de l'Yonne de 1855 à 1859 en remplacement des portes en bois ont coûté le mètre superficiel (de partie pleine). . . . . fr. 250.00

De 1854 à 1858 on a remplacé par des portes en bois trente vieilles portes déjà en bois des écluses de la vallée de Sardy (Nièvre) versant de la Seine, près du bief de partage; le prix du mètre superficiel a été de. . . . 94.00

En 1858 nous avons remplacé par une porte en bois la porte d'aval en métal de l'écluse de Baye ayant 3m,50 de

chute (1^{re} écluse du versant de la Loire); le prix du mètre carré a été de	fr. 86.00
En 1864 et 1865 nous avons remplacé par des portes en bois quatre autres portes en métal aux écluses de Champvert (versant de la Loire) et de Tannay (versant de la Seine); le prix du mètre carré a été de.	114.00
Le projet présenté le 6 octobre 1866 comprenait le remplacement de cinq portes en métal par cinq portes en bois et la fourniture de deux portes d'attente en bois, pour servir en cas d'accident; le prix de revient était, par mètre carré, de.	106.40
Ces portes ont été adjugées le 1^{er} juin 1867 avec un rabais de 5 p. 100, ce qui réduit le prix du mètre superficiel à	100.33
Trois de ces portes ont été faites et posées en 1867; elles fonctionnent convenablement; il paraît qu'il y aura sur toute l'entreprise une augmentation de 10 p. 100, ce qui fera revenir le mètre superficiel définitivement à	110.36

Pour continuer mon rôle de narrateur, j'ajouterai que plusieurs des portes métalliques construites dans le département de l'Yonne de 1855 à 1859 ont eu déjà besoin de réparations importantes; des entretoises en fer ont été courbées ou cassées, des bordages en tôle percés et remplacés.

Pour les 30 portes en bois de la vallée de Sardy, on a fait servir à peu près tous les anciens ferrements qui consistaient principalement en équerres et bandes de fer fixées sur les poteaux et entretoises par des boulons, qui avaient l'inconvénient de faire fendre le bois. Pour les douze dernières portes en bois, on a employé des consoles en fonte reliant les poteaux aux entretoises ; les équerres sont placées en-dessous des entretoises et fixées à l'aide de vis aux entretoises et aux poteaux ; les assemblages sont solides et aucun ventail n'a donné du nez. Les sas des écluses du Canal du Nivernais ont 5 mètres 20 cent. de largeur.

Dans vingt-cinq ou trente ans on remplacera les bois en conservant les nouvelles ferrures qui sont bien préférables aux anciennes.

En mettant de côté les 30 portes de la vallée de Sardy,

Digitized by Google

qui ont coûté 94 francs avec l'emploi des anciennes ferrures, on trouve que les 12 nouvelles portes en bois construites depuis 1858 et en construction avec de nouvelles ferrures coûtent 110 francs le mètre superficiel. Je pense que ce prix peut et doit être adopté pour les futurs projets de portes en bois du canal du Nivernais qui traverse des pays forestiers.

En résumé :

1° J'estime que dans les conditions dans lesquelles se trouve placé le canal du Nivernais les portes en bois coûtent de premier établissement moitié du prix des portes en fer, fonte et tôle. Il y a donc une première mise de fonds bien moins considérable, ce qui est d'une grande importance pour le budget de l'État et pour la facilité de l'exécution des travaux.

2° Une porte en bois bien entretenue durera de vingt-cinq à trente ans, et son remplacement sera toujours facile et d'un prix modique.

3° L'entretien des portes en bois est extrêmement facile ; le premier ouvrier venu, un éclusier surtout peut les goudronner, les peindre, les calfater, remplacer un bordage, etc. ; tandis que pour les réparations des portes en métal il faut des serruriers d'une certaine habileté qui ne se trouvent guère que dans les villes.

4° Le choc d'un bateau peut casser et a souvent cassé une entretoise, un poteau d'un ventail en métal ; un coup de gaffe peut crever et a crevé fréquemment un bordage en tôle ; une négligence dans la manœuvre peut faire gauchir et forcer un ventail métallique. Avec un ventail en bois on ne craint ni les coups de gaffe, ni le choc des bateaux, et la négligence dans la manœuvre est bien moins dangereuse.

5° Avec une porte en bois on n'aura jamais à redouter

l'accident arrivé le 30 juillet 1866 à une porte métallique sur le Canal du Nivernais.

6° Tout en admettant que, dans certaines circonstance particulières, dans la traversée ou à la porte d'une grande ville on établisse des portes métalliques à quelques écluses, je pense que pour une ligne navigable traversant des pays forestiers, il y aura toujours un grand avantage à donner la préférence aux portes en bois.

Paris, le 3 avril 1868.

N° 199

NOTE

Sur le service de touage à vapeur établi au souterrain de Pouilly (canal de Bourgogne).

Par M. BAZIN, ingénieur ordinaire des ponts et chaussées.

La difficulté du halage dans les souterrains est aujourd'hui pour la batellerie une cause permanente de retards et de frais considérables que l'établissement de moyens de traction plus puissants est appelé à faire disparaître dans un avenir prochain. Le service de touage à vapeur, que nous avons eu à organiser au canal de Bourgogne sous la direction de M. l'ingénieur en chef Chenot étant le premier qui ait été établi dans un souterrain à simple voie de grande longueur, la connaissance des difficultés que nous avons rencontrées pourra n'être pas sans intérêt pour les ingénieurs qui auraient à s'occuper d'une étude analogue.

M. l'ingénieur Lermoyez a publié en 1863 dans les *Annales des ponts et chaussées* un mémoire très-intéressant sur la traction des bateaux dans le grand souterrain du canal Saint-Quentin qui a près de 5 700 mètres de longueur. La navigation si active de la Belgique vers Paris éprouvait, il y a quelques années, au passage de ce souterrain, des difficultés chaque jour croissantes, que l'établissement d'un toueur sur chaîne noyée a fait disparaître; ce toueur, mû aujourd'hui par huit chevaux agissant sur un manége, doit être prochainement remplacé par un toueur à vapeur plus puissant.

Digitized by Google

Le souterrain du canal de Bourgogne dans lequel vient d'être établi un service de touage à vapeur, n'a pas la longueur exceptionnelle de celui du canal Saint-Quentin ; la fréquentation du canal, paralysée jusqu'à ce jour par l'état de la rivière d'Yonne, dont l'amélioration n'est pas achevée, est encore peu active, et le souterrain se trouve dans la partie la moins fréquentée où le tonnage annuel n'est que d'environ 120000 tonnes. La navigation n'en éprouvait pas moins, sur ce point, des embarras sérieux, qu'une circulation plus active eût promptement aggravés.

Le bief de partage du canal de Bourgogne a 6100 mètres de longueur totale qui se décomposent ainsi en partant de la première écluse du versant de la Saône (écluse d'Escommes), pour aller vers l'écluse n° 1 du versant de l'Yonne (écluse de Pouilly) :

	mètres.
Bassin d'Escommes et canal en section ordinaire jusqu'à l'entrée de la tranchée murée de Créancey, longueur. . . .	450
Tranchée de Créancey.	900
Souterrain	3350
Tranchée de Pouilly.	900
Canal en section ordinaire et bassin de Pouilly depuis la sortie de la tranchée de Pouilly jusqu'à l'écluse de Pouilly.	500
Longueur totale du bief.	6100

Les tranchées de Pouilly et Créancey sont, comme le souterrain, à simple voie; leur largeur est de 6^{m}.70 à la ligne d'eau et de 6^{m}.20 au fond; celle du souterrain est un peu moindre, 6^{m}.20 à la ligne d'eau et 5^{m}.70 au fond; la profondeur habituelle de l'eau dans le bief de partage est de 2^{m}.20 à 2^{m}.40.

La longueur de la section à simple voie comprenant le souterrain et les deux tranchées s'élève donc à plus de 5 kilomètres. Le règlement en vigueur avant l'établissement du touage accordait aux bateaux six heures pour franchir

Digitized by Google

cette distance; les convois venant du versant de l'Yonne entraient à midi et à minuit, et ceux qui venaient du versant de la Saône à six heures du matin et six heures du soir. La traction était opérée par des hommes au nombre de quatre ou six par bateau; le souterrain n'ayant pas de banquettes, ces hommes se halaient sur une chaîne fixée le long d'un des pieds-droits. Le nombre de ces haleurs supplémentaires était assez restreint dans la contrée purement agricole et peu peuplée où se trouve le bief de partage, et au moment des travaux de la campagne les mariniers avaient beaucoup de peine à en trouver; il n'était pas rare de voir des bateaux stationner pendant vingt-quatre heures sans pouvoir se procurer le nombre de haleurs de renfort nécessaire, et ceux-ci profitaient de cette situation pour élever des prétentions exorbitantes.

L'établissement d'un mode de traction plus puissant devenait urgent, surtout en prévision de l'accroissement probable de la navigation du canal après l'achèvement des travaux de canalisation de l'Yonne. Un décret du 28 avril 1866 autorisa la création aux frais de l'État d'un service de touage à vapeur qui a commencé à fonctionner le 5 février 1867.

Le toueur employé au souterrain de Pouilly a été construit suivant le système de M. Bouquié. Ce système, dont le petit toueur qui fonctionne à Paris dans le dernier bief du canal Saint-Martin est un spécimen, se distingue des autres modes de touage en ce que la chaîne, au lieu d'être placée au milieu du bateau, repose simplement sur une poulie latérale qu'elle n'embrasse que sur une partie de sa circonférence; la gorge de cette poulie est munie d'empreintes dans lesquelles s'engagent les maillons de la chaîne qui doit être parfaitement calibrée (*). La position latérale de la

(*) En adoptant cette disposition, M. Bouquié a eu principalement pour but de rendre le touage applicable aux bateaux isolés sur les canaux. L'appareil de touage peu volumineux, s'installerait facilement, avec une petite locomobile, sur un bateau quelconque

poulie a pour les toueurs très-étroits comme doivent l'être ceux qui opèrent dans un souterrain à simple voie, l'avantage de débarrasser le pont que le passage de la chaîne par le milieu du bateau encombrerait d'une manière souvent dangereuse et embarrassante pour la manœuvre.

L'appareil moteur est à haute pression et condensation (*) de la force de quinze chevaux; le mouvement est transmis de l'arbre de la machine à la poulie de touage à l'aide d'une courroie et d'engrenages placés au-dessous du pont qui reste parfaitement libre. On peut, pour une même vitesse de rotation de l'arbre, faire varier dans le rapport de 3 à 5 celle de la poulie; l'une de ces transmissions (petite vitesse) procure au toueur, pour chaque tour de l'arbre, un cheminement de $0^m.75$; elle est employée habituellement à la remorque des bateaux chargés; l'autre (grande vitesse), à laquelle correspond à chaque tour de l'arbre un avancement de $1^m.25$, est employée avec avantage lorsque le convoi ne se compose que de bateaux vides ou faiblement chargés, ce qui se présente habituellement pour les convois allant de l'Yonne vers la Saône.

La longueur totale du bateau, qui renferme à chacune de ses extrémités une cabine pour les hommes de l'équipage, est de 22 mètres, sa largeur de $3^m.25$. Il a été construit dans les ateliers de M. Claparède, à Saint-Denis et a coûté 42 000 francs.

La chaîne, fabriquée à Nantes, est en fer très-fin de $0^m.016$, elle ne pèse que $5^k.20$ par mètre courant et a été payée 1 franc le kilogramme; elle règne sur toute la longueur du bief de

---

qui pourrait ainsi se remorquer lui-même sur une chaîne noyée au fond du canal. Lorsque deux bateaux venant en sens contraire auraient à se croiser, l'un d'eux laisserait tomber la chaîne pour la reprendre après le croisement, opération facile puisque cette chaîne n'est que posée et non enroulée sur la poulie.

(*) Le condenseur est absolument nécessaire dans un souterrain : par suite de la lenteur de la marche, l'échappement de la vapeur produit promptement une obscurité complète.

Digitized by Google

partage, ce qui permet au toueur de remorquer les bateaux jusqu'à l'entrée des écluses extrêmes.

Le toueur à vapeur du souterrain de Pouilly est probablement le premier (*) en France qui ait fonctionné dans un souterrain de canal; cette importante amélioration devant se généraliser promptement sur tous les canaux un peu fréquentés, l'expérience réalisée à Pouilly, peut fournir des données utiles, sur les difficultés toutes spéciales que présente le touage à vapeur dans les souterrains au double point de vue de la traction et de l'aérage. La résistance au mouvement, sur laquelle il n'a pas encore été fait d'expériences suivies, y est fort considérable, et la marche des convois donne lieu dans toute l'étendue du bief à des mouvements ondulatoires assez compliqués. Cette résistance exceptionnelle exige que l'on procède largement dans l'évaluation de la puissance à donner au toueur. Quant aux gaz provenant de la combustion de la houille, ils peuvent, dans certaines circonstances, incommoder gravement l'équipage du toueur et même les mariniers des bateaux remorqués; les expériences suivantes, tout incomplètes qu'elles sont, présenteront donc à ce double point de vue quelque intérêt.

EXPÉRIENCES SUR LA TRACTION DANS L'INTÉRIEUR DU SOUTERRAIN.

La traction d'un bateau dans un canal étroit comme le sont les souterrains des voies de navigation exige un effort considérable. L'eau déplacée par le mouvement de progression du bateau ne trouvant plus, comme dans un canal de

(*) Le bief couvert du canal Saint-Martin, dans lequel fonctionne aujourd'hui un toueur, ne peut être nullement assimilé à un souterrain à simple voie de grande longueur, tel que les souterrains au point de partage des canaux: la voie d'eau a une largeur de 16 mètres; de larges ouvertures fort rapprochées assurent naturellement un aérage complet: elles sont même assez multipliées pour éclairer la marche des bateaux.

Digitized by Google

grande largeur, à s'écouler librement de chaque côté, est obligée de s'échapper avec une assez grande vitesse par l'espace resté libre entre le bateau et les parois de la cuvette. De là une dénivellation permanente de l'amont à l'arrière du bateau, dénivellation d'autant plus grande que les dimensions du bateau se rapprochent davantage de celles de la cuvette. Dans les expériences que nous allons rapporter, elle s'est élevée jusqu'à $0^{m}.20$.

La marche d'un convoi de bateaux dans un souterrain de grande longueur donne lieu à des mouvements dans la masse entière du bief. Dès que le convoi s'engage dans le souterrain, en refoulant l'eau devant lui, ce refoulement se transmet de proche en proche, sous la forme d'une onde de quelques centimètres de hauteur qui chemine sur le bief (*), jusqu'à ce qu'elle en atteigne l'extrémité; elle y subit alors une réflexion complète et revient vers le convoi qu'elle atteint et dépasse pour aller gagner l'autre extrémité du bief et s'y réfléchir de nouveau en diminuant peu à peu de hauteur.

Il est clair en outre que toute variation dans la vitesse du convoi donnera naissance à des ondes secondaires analogues; une augmentation de vitesse accroîtra la dénivellation et produira une nouvelle onde cheminant dans le sens du convoi; un ralentissement permettra au contraire à l'eau refoulée de reprendre son équilibre en s'écoulant sous le convoi et donnant naissance à une onde qui se propagera en arrière en sens contraire de la marche. Des variations, dans la section du canal produiront des effets de même ordre; l'ensemble des phénomènes devient donc assez complexe, mais il suffit d'en saisir les traits généraux.

Une expérience a été faite dans ce but le 21 mars 1867, le convoi se composait de sept bateaux chargés portant

---

(*) Sa vitesse de propagation est $\sqrt{gh}$, h étant la profondeur du bief.

Digitized by Google

1008 tonnes et de deux bateaux vides (voir ci-après l'expérience n° 9 au tableau de la page 352); quatre observateurs avaient été placés : 1° aux deux extrémités du bief de partage : 2° aux deux extrémités du souterrain. Ils devaient noter, à intervalles réguliers de cinq minutes, la hauteur de l'eau sur les échelles préparées à cet effet. Les résultats de ces observations sont groupés dans le tableau suivant. On voit que le mouvement du convoi a eu pour effet d'abaisser les eaux de $0^m.10$ à l'une des extrémités du bief en les relevant d'autant à l'autre extrémité, de telle sorte que la dénivellation totale s'est élevée à $0^m.20$. Les notes placées en regard font connaître la cause des divers changements de niveau constatés pendant l'expérience; on voit bien clairement l'existence des mouvements d'ondes que nous avons indiqués plus haut, bien que l'amplitude de ces mouvements soit fortement atténuée par l'existence des deux grands bassins qui terminent le bief de partage à ses deux extrémités.

Digitized by Google

EXPÉRIENCE FAITE LE 21 MAI 1867

SUR LES DÉNIVELLATIONS PRODUITES DANS LE BIEF DE PARTAGE PAR LA MARCHE DES CONVOIS.

Expérience faite

Sur les dénivellations produites dans le bief

HEURES.	HAUTEUR DE L'EAU DANS LE BIEF DE PARTAGE			
	A l'écluse d'Escommes.	A l'embouchure du souterrain côté d'Escommes.	A l'embouchure du souterrain côté de Pouilly.	A l'écluse de Pouilly.
	Observateur n° 1.	Observateur n° 2.	Observateur. n° 3.	Observateur n° 4.
h. min.				
9 00	2.34	2.34	2.34	2.34
9 05	2.32	2.40	2.34	2.34
9 10	2.31	2.40	2.34	2.34
9 15	2.29	2.37	2.39	2.34
9 20	2.29	2.38	2.37	2.37
9 25	2.28	Le convoi passe devant l'observateur.	2.36	2.39
9 30	2.28	2.24	2.39	2.40
9 45	2.24	2.25	2.40	2.40
10 00	2.26	2.24	2.42	2.41
10 15	2.25	2.25	2.42	2.41
10 30	2.26	2.24	2.43	2.43
10 50	2.27	2.26	Le convoi passe devant l'observateur et s'arrête.	2.44
11 00	2.27	2.25	»	2.43
11 05	2.27	2.30	»	2.40
11 10	2.29	2.30	2.23	2.42
11 15	2.32	2.31	2.23	2.43
11 20	2.32	2.33	2.27	2.43
11 25	2.33	2.27	2.27	2.43
11 30	2.30	2.32	2.34	A partir de ce moment l'observateur se préparant à recevoir les bateaux remorqués, n'a plus noté les hauteurs.
11 40	2.30	2.34	2.37	
11 50	2.36	2.32	2.32	
Midi	2.26	2.34	2.32	

Digitized by Google

le 21 mars 1867.

de partage par la marche des convois.

OBSERVATIONS

sur les causes des dénivellations constatées dans le bief de partage.

PREMIÈRE PÉRIODE. — *Parcours de la tranchée d'Escommes jusqu'au souterrain.*

L'eau du bief de partage étant partout en repos et à un niveau uniforme de 2m.34, le convoi s'engage à 9 heures dans la tranchée; le refoulement de l'eau produit immédiatement une onde qui se propage en avant; à 9h 5' elle a déjà atteint l'embouchure du souterrain où l'eau s'est élevée subitement de 0m.06; à 9h 15' elle se fait de même sentir à l'autre extrémité du souterrain: à 9h 20' elle a atteint l'écluse de Pouilly, où l'eau est montée de 0m.03 seulement en raison de la grande largeur du bassin où l'onde s'est épanouie. Parvenue à l'extrémité du bief, elle subit une réflexion et se propage en sens contraire à la rencontre du convoi. Pendant ce temps, l'eau s'abaisse constamment à l'écluse d'Escommes.

A 9h 25' le convoi entre dans le souterrain.

SECONDE PÉRIODE. — *Traversée du souterrain.*

Immédiatement après le passage du convoi, l'observateur n° 2 constate un abaissement de 0m.14, de 2m.38 à 2m.24. La largeur du souterrain étant moindre que celle de la tranchée, le refoulement de l'eau s'opère avec plus d'énergie dès que le convoi y est engagé. Aussi le niveau de l'eau à l'écluse d'Escommes qui n'avait plus varié que de 0m.01, de 9h 15' à 9h 30', s'abaisse de nouveau de 0m.04, de 9h 30' à 9h 45'. A 9h 45' il atteint son minimum 2m 24 et se relève peu après légèrement; ce relèvement est dû au retour de l'onde réfléchie et à partir de ce moment le niveau varie peu.

A l'autre extrémité du bief l'eau s'élève lentement et atteint 2m.44 au moment où le convoi sort du souterrain, c'est-à-dire à 10h 50'.

TROISIÈME PÉRIODE. — *Parcours de la tranchée de Pouilly.*

Au moment où le convoi sortait du souterrain, un dérangement survenu dans les amarres a nécessité un arrêt de 10 minutes; cet arrêt suspendant le refoulement en avant, l'eau accumulée dans le bassin de Pouilly tend à se reporter vers l'autre extrémité du bief et donne naissance à une onde qui se manifeste à l'écluse d'Escommes par un exhaussement de 0m.05, tandis que l'eau baisse un peu à l'écluse de Pouilly. Le convoi reprenant sa marche à 11 heures, cet effet n'a pas le temps de s'accuser et la perturbation apportée par ce temps d'arrêt donne simplement lieu à des oscillations en arrière du convoi.

A 11 heures le convoi reprend sa marche. — L'observateur n° 3 constate après son passage un abaissement de 0m.20.

QUATRIÈME PÉRIODE. — *Sortie de la tranchée de Pouilly.*

A 11h 25' le convoi sort de la tranchée de Pouilly; l'eau accumulée en avant trouvant alors le passage libre, rentre avec force derrière lui dans la tranchée en donnant naissance à une onde très-prononcée qui produit à l'écluse d'Escommes un exhaussement de 0m.06, et l'équilibre se rétablit peu à peu dans le bief par une longue série d'oscillations.

On peut comparer cette expérience avec celle que rapporte M. l'ingénieur Lermoyez, dans son mémoire sur le touage dans le grand souterrain du canal Saint-Quentin (*Annales des ponts et chaussées*, 1863, 2e semestre).

Nous n'avions pas de données bien certaines sur la force de traction nécessaire au toueur. Quelques essais faits en halant un, deux et trois bateaux, soit à bras d'hommes dans le souterrain, soit avec des chevaux dans les tranchées, semblaient donner, pour la valeur de l'effort F de traction qu'exigent à la vitesse V, *n* bateaux chargés de 1m.40 de tirant d'eau

$$F = 750\, n\, V^2$$

Soit pour le travail correspondant T

$$T = 750\, n\, V^3,$$

ou en l'exprimant en chevaux

$$T = 10\, n\, V^3.$$

D'après cette formule, une force de quinze chevaux devait suffire à remorquer un convoi de sept bateaux à la vitesse de 0m.60; il était même très-probable que ce résultat serait dépassé dans la pratique puisque l'on pouvait affirmer *à priori* que la force de traction devait croître dans un moindre rapport que le nombre des bateaux remorqués.

Ces prévisions ont été confirmées par des expériences précises faites après la mise en service du toueur, à l'aide d'un dynamomètre du Conservatoire des arts et métiers que M. le général Morin avait bien voulu mettre à notre disposition. Ce dynamomètre, placé à l'arrière du toueur, recevait directement les cordes de remorquage et faisait connaître à chaque instant l'effort exercé; la vitesse était déterminée en notant à l'aide d'un compteur à secondes l'instant du passage du toueur devant des repères régulièrement espacés de 100 mètres. Les résultats de ces expérien-

ces présentaient dans leurs détails de nombreuses variations, car l'effort de traction et surtout la vitesse se modifient sans cesse sous l'influence de causes multiples, telles que les variations de la pression de la vapeur dans la chaudière, les mouvements accidentels des bateaux remorqués qui, ne suivant pas toujours le fil de l'eau, peuvent se présenter un peu obliquement et même toucher les parois du souterrain, le mouvement des ondes produites par la marche du convoi, etc., etc.

Les expériences sont au nombre de neuf; la composition des convois a varié comme l'indique le tableau ci-après :

	NUMÉROS des expériences.	CHARGEMENT du convoi en tonnes.	POIDS BRUT du convoi en y comprenant les coques des bateaux.	COMPOSITION DU CONVOI.
1er *Groupe.* Un bateau chargé.	1	137	167	Un bateau tirant 1m.19.
	2	162	192	Un bateau tirant 1m.34.
2e *Groupe.* Deux bateaux chargés.	3	257	317	Deux bateaux tirant 1m.28 et 1m.06.
	4	292	382	Deux bateaux tirant 1m.22 et 1m.37 et un bateau vide.
	5	309	429	Deux bateaux tirant 1m.30 et 1m.28, un bateau faiblement chargé tirant 0m.34 et un bateau vide.
3e *Groupe.* Trois bateaux chargés.	6	432	432	Trois radeaux tirant 1m 40, 1m.45 et 1m.40 et cubant ensemble 864 stères, comptes pour une demi-tonne chacun.
	7	430	520	Trois bateaux tirant 1m.32, 1m.12 et 1m.31.
	8	453	543	Trois bateaux tirant 1m.35, 1m.25 et 1m.27.
4e *Groupe.* Sept bateaux chargés.	9	1.008	1.278	Sept bateaux tirant 1m,38, 1m,32 1m.40, 1m.39, 1m.22, 1m.21 et 0m.92 et deux bateaux vides.

Les bateaux remorqués avaient 5 mètres de largeur et 30 mètres de longueur; leur tirant d'eau à vide est de 0m.20 à 0m.25 et leur coque pèse environ 30 tonnes; la forme de

la proue n'est pas la même pour tous; ceux qui sortent rarement du canal ont la proue pointue et présentant en plan une forme ogivale; ceux qui naviguent également sur les rivières ont de préférence une proue plus obtuse et relevée; l'arrière se termine toujours carrément; du reste, la forme du bateau, dont il faut tenir compte dans un canal de grande largeur, n'a pas dans le souterrain d'influence bien appréciable sur la résistance à la traction; cette résistance étant causée presque entièrement par le rétrécissement de la section du canal, dépend avant tout du rapport de la section immergée du bateau à la section de la cuvette du souterrain. Les bateaux étaient attachés aussi près que possible les uns des autres, précaution utile pour diminuer la résistance : les trois radeaux de l'expérience n° 6 se touchaient même complétement. La direction des convois a toujours été la même de la Saône vers l'Yonne.

Digitized by Google

NUMÉROS des expériences.	Désignation hectométrique des parties du souterrain.	Vitesse moyenne par seconde. V	Effort moyen accusé par le dynamomètre. F	Travail correspondant en kilogr. par seconde. VF	Coefficient de la formule $\frac{F}{V^2}$	OBSERVATIONS.
	k. k.	m.	k.	k. m.		
1	159.1 — 158.3 157.9 — 157.3 156.9 — 156.1	0.721 1.122 0.858	590 1.710 820	425 1.919 704	1.135 1.358 1.114	Les parties du souterrain dans lesquelles ont eu lieu les expériences sont rapportées dans la deuxième colonne au bornage hectométrique du canal qui est fait en allant de l'Yonne vers la Saône : l'embouchure du souterrain du côté de l'Yonne est à quelques mètres au delà de la borne kilometrique 156 kil. ; l'autre extrémité est à peu de distance de la borne hectométrique 159^h 3. La hauteur de l'eau dans le souterrain n'a varié que de 2^m.30 à 2^m.35 ; il n'existait aucun courant et l'eau était parfaitement en repos au moment du départ de chaque convoi.
2	158.8 — 158.» 157.4 — 156.2	0.652 0.715	560 590	365 422	1.317 1.154	
3	159.3 — 158.5 157.9 — 157.1 156.9 — 156.1	0.770 0.828 .804	760 930 860	585 770 691	1.282 1.356 1.330	
4	158.» — 157.1 157.1 — 156.1	0.702 0.626	850 620	597 388	1.725 1.582	
5	159.1 — 158.7 158.» — 157.6 157.4 — 156.1	0.677 0.710 0.881	660 900 1.180	447 639 1.040	1.440 1.785 1.520	
6	159.1 — 158.1 158.1 — 157.1 156.9 — 156.1	0.767 0.758 0.827	1.260 1.320 1.520	966 1.001 1.257	2.142 2.297 2.222	
7	158.9 — 157.8 156.9 — 156.1	0.815 0.640	1.580 950	1.288 608	2.379 2.319	
8	159.3 — 158. 158.1 — 157.1 157.1 — 156.1	0.622 0.831 0.716	910 1.850 1.340	566 1.543 959	2.352 2.674 2.614	
9	157.9 — 156.1	0.661	1.890	1.249	4.326	

En comparant les résultats qui précèdent, on voit que la valeur du coefficient a été :

1er *Groupe*. Un bateau chargé de. . . . 1 100 à 1 300
2^e *Groupe*. Deux bateaux chargés de. . 1 300 à 1 800
3^e *Groupe*. Trois bateaux chargés de. . 2 200 à 2 600
4^e *Groupe*. Sept bateaux chargés de. . 4 300

Sans chercher ici une rigueur absolue que la nature des choses ne comporte pas, on peut grouper ces résultats à

Digitized by Google

l'aide d'une formule approximative très-simple en remarquant que le coefficient paraît être environ 1 200 pour le premier bateau et 600 pour chacun de ceux qui le suivent; désignons par n le nombre des bateaux à charge complète, c'est-à-dire tirant 1ᵐ.40 d'eau, ce qui correspond à un chargement de 170 tonnes, soit avec le poids de la coque, 200 tonnes; dans la situation actuelle de la navigation du canal de Bourgogne, ce maximum est rarement dépassé; on aura à fort peu près pour la valeur du coefficient inconnu $600(n+1)$.

Et le travail dépensé sera

$$T = 600(n+1)\,V^3,$$

ou en l'exprimant en chevaux de 75 kilogrammètres

$$T = 8(n+1)V^3.$$

La force de 15 chevaux assignée au toueur suffirait donc pour mener huit bateaux portant 1 300 tonnes à la vitesse de 0ᵐ.60 par seconde.

La formule ci-dessus n'est évidemment qu'une règle mnémonique applicable au cas particulier dans lequel nous opérions, puisqu'elle fait abstraction de divers éléments de la question et notamment du plus important de tous, qui est le rapport de la section immergée du bateau à la section total du canal.

DIFFICULTÉ D'AÉRAGE DANS LE SOUTERRAIN.

Toutes les précautions possibles avaient été prises pour éviter la production de la fumée; la chaudière tubulaire de la machine est chauffée au coke, et un petit jet de vapeur projeté sous le foyer permet d'obtenir à volonté un tirage énergique. Il existe d'ailleurs au souterrain de Pouilly dix-neuf puits peu profonds, il est vrai, puisque leur profon-

Digitized by Google

deur ne dépasse pas 40 mètres; cependant on avait tout lieu d'espérer que l'aérage était suffisamment assuré; tout alla bien pendant le premier mois, mais peu après les hommes de l'équipage furent à plusieurs reprises très-gravement incommodés; le danger d'asphyxie fut même assez sérieux pour faire concevoir des craintes sur la possibilité de continuer le service; le volume des gaz provenant de la combustion de la houille était trop peu de chose relativement au volume d'air contenu dans le souterrain pour expliquer ces accidents, et il fallait admettre que ces gaz pouvaient, dans certaines conditions spéciales, s'accumuler sur le toueur : c'est en effet ce qu'une étude attentive des faits ne tarda pas à révéler. L'air renfermé dans le souterrain n'est jamais en repos; le vent extérieur, la différence de température des deux longues tranchées aux abords dont l'une est ouverte au midi et l'autre au nord, enfin l'action des dix-neuf puits y créent des courants dont la direction et l'intensité varient sans cesse; souvent même on observe en traversant le souterrain plusieurs renversements dans la direction de ces courants, le tirage de quelques puits s'opérant en descendant, tandis que les autres aspirent. Lorsque la direction du courant d'air est opposée à celle de la marche du toueur, les gaz sortant de la cheminée restent en arrière et se dissipent; quand au contraire le courant d'air se meut dans le même sens que le toueur, il peut arriver que sa vitesse soit à peu près la même, et dans ce cas l'atmosphère qui enveloppe le bateau se transportant avec lui, les gaz peuvent s'accumuler comme ils le feraient dans un espace limité; il se forme alors au dessus du pont une sorte de nuée fortement chargée de fumée et de gaz irrespirables qui l'accompagne dans sa marche. Cet effet se trouve en outre favorisé par l'action d'entraînement que le mouvement de progression du convoi exerce sur l'air du souterrain, surtout lorsqu'il s'y trouve quelque bateau à chargement élevé qui forme en quelque sorte piston et refoule l'air devant lui.

Digitized by Google

L'acide carbonique, qui constitue à lui seul la presque totalité des gaz provenant de la combustion du coke, ne présente de dangers sérieux que lorsqu'il se trouve mélangé à l'air dans une forte proportion; mais il se produit également une petite quantité d'oxyde de carbone et de gaz sulfureux dont l'action est beaucoup plus à redouter. L'oxyde de carbone est extrêmement délétère et peut, à très-faible dose, produire un véritable empoisonnement dont les premiers symptômes sont des vertiges accompagnés de violentes douleurs de tête, de défaillance dans les jambes et quelquefois de vomissements. L'équipage du toueur en a, au début de l'exploitation, ressenti plusieurs fois les effets; cependant, en surveillant attentivement le feu, en ayant soin notamment de ne pas trop recharger le foyer pendant la traversée du souterrain, on peut s'en préserver à peu près complétement. L'acide sulfureux, malgré son action irritante sur les organes de la respiration, présente bien moins de danger, mais il est impossible d'en empêcher la production, tous les cokes contenant quelques traces de soufre. Il se produit aussi une petite quantité d'acide sulfhydrique dont la présence s'explique par le passage à travers le coke incandescent du petit jet de vapeur servant de soufflerie; ce gaz se décompose en partie dans l'atmosphère humide du souterrain en abandonnant du soufre libre qui reste à l'état de suspension dans la fumée et lui donne un aspect laiteux tout particulier; quelquefois même lorsque les gaz s'accumulent sur le toueur, la décomposition de l'acide sulfhydrique suffit pour couvrir certains objets d'une légère couche de soufre en poudre.

La cause de l'accumulation accidentelle des gaz étant connue, par quel moyen peut-on y remédier? Le seul moyen d'une efficacité certaine serait évidemment d'établir aux deux extrémités du souterrain des foyers d'appel avec cloisons mobiles permettant de renverser à volonté la direction du courant d'air, de telle sorte qu'elle fût toujours

opposée à la marche du toueur; cette solution radicale, acceptable dans le cas d'un trafic très-important, eût malheureusement nécessité au souterrain de Pouilly des sacrifices hors de proportion avec le mouvement assez restreint de la navigation, et il a fallu recourir provisoirement à des moyens moins certains sans doute, mais d'une application plus économique. Les margelles des puits ont été exhaussées à 3m.00 au-dessus du sol et débarrassées de lourdes grilles en fonte qui obstruaient près de la moitié de la section de leur ouverture; cette modification a suffi pour activer notablement la circulation de l'air dans le souterrain (*). Une précaution fort simple a en outre permis de rassurer les gens de l'équipage fort effrayés de ces accidents dont la cause leur échappait; l'accumulation des gaz sur le toueur étant due à une concordance accidentelle entre la marche du courant d'air général du souterrain et celle du toueur, on pouvait présumer qu'en arrêtant le convoi pendant quelques minutes et fermant la cheminée, le courant d'air reprendrait son action et dissiperait les gaz; et c'est en effet ce qui arrive: au lieu d'accélérer la marche, comme le faisait fort mal à propos au début l'équipage du toueur, il suffit de quelques minutes d'arrêt pour que le courant d'air emporte au loin en avant la fumée et les gaz, et il est rare que l'accumulation se reproduise de nouveau d'une manière gênante dans le courant de la même traversée.

Une amélioration importante nous paraît aussi pouvoir être apportée à la machine elle-même; ce serait l'addition d'un appareil permettant de refroidir et même de laver en partie les gaz qui sortent de la cheminée; on y parviendrait

(*) Les puits ont 1m.50 de diamètre, leur axe est à 2m.45 de celui du souterrain de telle sorte que leur ouverture ne débouche pas au sommet de la voûte, où les gaz chauds tendent à se réunir: il serait donc utile, pour rendre l'aspiration plus énergique, d'évaser l'ouverture des puits, de manière à l'amener jusqu'à la clef; ce travail exécuté à l'un d'eux paraît produire un bon résultat.

sans doute en fermant la cheminée, et foulant ces gaz à l'aide d'un ventilateur dans un récipient où ils auraient à parcourir un circuit plus ou moins long en contact avec l'eau même du canal et seraient ensuite expulsés au niveau de la flottaison. Les gaz chauds tendent aujourd'hui en sortant de la cheminée à s'accumuler au sommet de la voûte en y formant une atmosphère locale autour de la tête des hommes employés sur le pont du toueur; en les rejetant froids au niveau de l'eau, ces gaz, pour la plupart plus denses que l'air, tendraient peu à remonter et seraient mélangés à l'air ambiant par le mouvement des bateaux du convoi; leur contact avec l'eau dans le réfrigérant aurait en outre pour effet de dissoudre une grande partie de l'acide sulfureux. Cet appareil dont l'étude a été demandée au constructeur, n'ayant pas encore été établi, l'amélioration que nous indiquons n'a pas reçu la sanction de l'expérience.

Quoi qu'il en soit, et bien que la question de l'aérage n'ait été qu'incomplétement résolue jusqu'à présent au souterrain de Pouilly, le service fonctionne régulièrement depuis un an, et si les hommes employés à ce service sont quelquefois un peu incommodés, les craintes qu'ils avaient conçues dans les premiers temps de l'exploitation se sont complétement dissipées.

DÉPENSES D'EXPLOITATION.

D'après le règlement adopté pour la marche du toueur, il doit pouvoir effectuer chaque jour trois voyages dans chaque sens; mais la navigation n'est pas assez active et l'arrivée des bateaux est trop irrégulière pour que ces trois voyages soient effectués chaque jour et jusqu'à présent le toueur n'en fait habituellement que deux : une ligne télégraphique de 18 kilomètres de longueur a été installée entre la première écluse du versant de l'Yonne et la vingtième écluse du versant de la Saône, afin de pouvoir tenir

Digitized by Google

l'équipage au courant de la marche des bateaux et donner au service plus de régularité (*).

Le premier départ du toueur a lieu de l'écluse n° 1 du versant de l'Yonne, à six heures du matin pendant l'été et à six heures trois quarts pendant l'hiver : le dernier départ a lieu à cinq heures et demie du soir de l'écluse n° 1 du versant de la Saône : la vitesse normale de marche est de $0^{m}.70$ à $0^{m}.75$ par seconde, ce qui correspond à une durée de deux heures pour la traversée complète.

Le personnel du toueur se compose d'un mécanicien, d'un patron et de deux aides alternativement employés sur le pont comme mariniers et à la machine comme chauffeurs ; ce personnel est très-complétement occupé par l'entretien de la machine, des agrès, des appareils d'éclairage, etc. ; le service avait du reste été installé au début avec le mécanicien, le patron et un seul aide, et la nécessité d'un nouvel auxiliaire a été promptement reconnue. Il importe beaucoup dans une localité éloignée des centres de population que le personnel de l'exploitation soit capable de suffire à l'exécution de toutes les réparations courantes et que les agents qui le composent puissent se suppléer réciproquement.

La dépense annuelle s'élève à 13 500 francs environ, savoir :

		fr.	fr.
Personnel. .	Un mécanicien à 160 francs par mois. .	1 920	
	Un patron à 150 francs par mois. . . .	1 800	6 560
	Un aide à 120 francs par mois.	1 440	
	Un deuxième aide à 100 francs par mois.	1 200	
Combustible.	330 kilog. de coke et 80 kilog. de houille menue par jour, soit pour 300 jours de navigation, environ 100 tonnes de coke d'Épinac à 30 francs.	3 000	3 450
	Et 25 tonnes de houille à 18 francs (**).	450	9 810

(*) Cette ligne télégraphique que l'on vient de prolonger jusqu'aux réservoirs, rend des services très-utiles pour les manœuvres d'eau que nécessite l'alimentation fort compliquée du canal.

(**) La houille menue est employée à couvrir et entretenir le feu, lorsque le toueur est en stationnement.

			fr.
	Report.		9 810
Graissage, éclairage, dépenses diverses.	Graissage et nettoyage de la machine, éclairage (*) environ 120 francs par mois, soit pour 10 mois de navigation.	1 200	3 690
	Dépenses diverses, réparations, etc. . .	2 490	
	Total.		13 500

Les frais de personnel constituent le principal élément de la dépense qui s'accroîtrait fort peu, si le mouvement de la navigation augmentait considérablement, l'augmentation devant porter presque exclusivement sur le combustible. Une dépense annuelle de 16 à 17000 francs suffirait largement pour un trafic triple de celui qui existe aujourd'hui.

Les bateaux remorqués payent un droit de péage dont la perception a été confiée par l'administration des contributions indirectes aux deux éclusiers du bief de partage ; le taux de ce péage a été fixé par le décret du 28 avril 1866, 1° pour les bateaux à 1f.50 pour la coque et 0f.05 par tonne de chargement, soit 10 francs pour un bateau à la charge maxima de 170 tonnes; 2° pour les radeaux à 0f.035 par stère, soit 10f.50 pour un radeau à la charge maxima de 300 stères : le commerce avait souvent à payer un prix plus élevé aux haleurs de renfort, pour qui la traction dans le souterrain avait fini par constituer un véritable monopole. Le tarif adopté est donc modéré : dans l'état actuel de la navigation du canal l'application de ce tarif ne procure qu'une recette de 8500 francs, et l'excédant

(*) Pour obtenir un éclairage suffisant dans le souterrain, il faut : 1° à l'avant du toueur, un fanal analogue à celui des locomotives pour éclairer la marche ; 2° à l'arrière, un fanal semblable, placé à une certaine hauteur de manière à projeter sa lumière sur le pont ; ce fanal peut se retourner à volonté, de manière à éclairer en cas d'accident les bateaux remorqués qui ont, du reste, chacun une lumière à bord ; 3° un fanal plus petit placé au milieu près de la roue à empreintes ; 4° trois lampes dans la chambre de la machine. Un éclairage complet est indispensable pour la sécurité des manœuvres.

annuel des dépenses sur les recettes est, quant à présent, d'environ 5 000 francs ; il faudrait un mouvement de 200 000 tonnes pour couvrir les frais d'exploitation. Au delà de ce chiffre, l'excédant des recettes sur les dépenses s'accroîtrait rapidement.

Le service a été installé provisoirement avec un seul toueur; mais, pour parer à toutes les éventualités, il est indispensable de lui adjoindre un toueur de rechange. Les biefs de partage des canaux sont ordinairement situés dans des localités éloignées des grands centres de population et d'un accès assez difficile ; dans de telles conditions, une avarie qui serait sans importance à proximité d'un atelier de construction suffit pour arrêter complétement le service. Ce grave inconvénient s'est déjà produit au souterrain de Pouilly, et le service a été suspendu pendant plusieurs jours par une avarie survenue dans le condenseur. Ces interruptions accidentelles sont d'autant plus fâcheuses, qu'en présence des avantages offerts au commerce par l'application du touage, les anciens moyens de traction se désorganisent et disparaissent promptement.

L'établissement du touage à vapeur dans le souterrain de Pouilly a réalisé pour la navigation du canal une amélioration des plus utiles qui se généralisera bientôt, nous l'espérons, dans tous les grands souterrains de canaux.

Dijon, le 23 février 1868.

Digitized by Google

N° 200

MÉMOIRE

Sur la construction des douze barrages éclusés exécutés sur la haute Seine, entre Paris et Montereau (*).

PAR

M. CHANOINE, ingénieur en chef des ponts et chaussées,

ET

M. DE LAGRENÉ, ingénieur ordinaire.

Le présent mémoire rend compte des travaux faits pour l'établissement des 12 barrages éclusés de la haute Seine, il complète notre mémoire inséré en novembre et décembre 1861.

Il traite :

1° De l'ensemble des 12 barrages, de leur exécution et des dépenses.

2° Des manœuvres et expériences.

3° De diverses améliorations introduites.

(*) Les douze barrages entre Paris et Montereau fonctionnant d'une manière continue depuis le mois de mai 1868, leur usage a pu faire connaître quelques modifications à introduire dans les dispositions primitives. Nous n'avons pas voulu entrer dans cet examen qui est réservé à nos successeurs dans le service de la haute Seine. Nous laissons donc notre mémoire tel qu'il a été rédigé à la fin de 1865; il n'a d'autre prétention que de rendre compte de nos travaux et de nos études jusqu'à cette époque déjà éloignée. Des circonstances indépendantes de notre volonté en ont retardé la publication (8 octobre 1868).

Digitized by Google

CHAPITRE PREMIER.

§ 1er. DESCRIPTION SOMMAIRE DES BARRAGES DE LA SEINE.

Les barrages de la haute Seine sont désignés par les noms des communes voisines; leur ordre, en commençant par l'amont, est le suivant :

Barrages de Varennes, de la Madeleine, de Champagne, de Samois, de la Cave, de Melun, des Vives-Eaux, de la Citanguette, du Coudray, d'Évry, d'Ablon et du Port-à-l'Anglais.

Tous sont établis en lit de rivière et d'après un type uniforme approuvé en 1859, par l'administration supérieure.

Chaque barrage comprend :

1° Une grande écluse submersible placée le long de la rive affectée au halage à bras ou par chevaux qui avait lieu autrefois.

2° Une passe navigable munie de hausses mobiles et rattachée à l'une des têtes de l'écluse, généralement à la tête d'aval.

3° Une pile en maçonnerie placée entre la passe navigable et le déversoir.

4° Un déversoir muni de hausses automobiles.

5° Un épaulement rattachant le déversoir à l'autre rive.

6° Une maison éclusière et son jardin.

7° Des abords en amont et en aval de l'écluse et en amont et en aval de l'épaulement.

8° Un arrière-radier en enrochements.

Les piles, les épaulements et les bajoyers d'écluse contigus à une passe navigable ou à un déversoir contiennent les chambres des treuils destinés à faire mouvoir les barres à talons pour abattre les hausses.

Les douze barrages de la haute Seine sont étagés de telle manière que la retenue supposée horizontale de chacun

Digitized by Google

d'eux donne 1^{m}.60 d'eau au-dessus du busc d'aval de l'écluse supérieure, les buscs des écluses sont d'ailleurs placés à des profondeurs qui varient de 0^{m}.70 à 1^{m}.60 au-dessous de l'étiage suivant l'éloignement du barrage inférieur, chaque retenue s'élève à 2^{m}.40 au-dessus de l'étiage dans l'emplacement de chaque barrage. Enfin chaque seuil de passe navigable se trouve à 0^{m}.60 en contre-bas de l'étiage et chaque seuil de déversoir à 0^{m}.50 au-dessus du même étiage (Voir Pl. 174, *fig.* 1 et 2, le profil en long entre Paris et Montereau).

Ces conditions générales une fois posées il était nécessaire de connaître tout d'abord le niveau de l'étiage en chaque point de la rivière pour déterminer l'emplacement et le nombre des barrages à construire. On s'est servi pour cela d'un nivellement fait avec beaucoup de soin en 1844 sous la direction de M. l'inspecteur général de Sermet. Ce nivellement vérifié par M. Bourdaloue a été repéré le long de la Haute Seine; il indiquait aux points principaux entre Montereau et Paris le niveau des plus basses eaux connues jusqu'alors; c'est ce niveau passant par le zéro du pont de la Tournelle que l'on a admis comme étant l'étiage de la Seine et qui a servi de base aux projets. Nous avons eu occasion de constater que cet étiage de convention s'écarte notablement des basses eaux observées depuis, entre Ablon et Paris.

§ 2. DESCRIPTION D'UNE ÉCLUSE D'UN DES BARRAGES DE LA HAUTE-SEINE.

Dimensions d'un sas.— Quel que soit le mode de traction employé, les écluses des rivières doivent être disposées de manière à favoriser la navigation par convois; les dimensions des écluses doivent donc être déterminées par celles des convois; or, un toueur de la haute Seine remonte moyennement à sa suite une vingtaine de bateaux se

développant sur une longueur d'environ 360 mètres et présentant une largeur un peu inférieure à 12 mètres lorsqu'ils sont accouplés. On a donc donné aux écluses de la haute Seine une largeur libre de 12 mètres outre les bajoyers et une longueur utile de 180 mètres de sas, de sorte qu'un convoi montant peut être éclusé en deux fois.

Niveau des buscs. — Quand la haute Seine a naturellement un mouillage de 1m.60 et plus, les barrages sont couchés et il y a certains avantages à ouvrir simultanément les quatre vantaux de l'écluse, tant pour augmenter le débouché des eaux que pour offrir un second chenal à la navigation, de là la nécessité de mettre au même niveau sous l'étiage des deux buscs d'une même écluse.

Ces buscs sont à une profondeur variable qui dépend de l'étagement des barrages. Ainsi le plan horizontal passant par la crête d'un barrage doit passer au moins à 1m.60 au-dessus des buscs de l'écluse supérieure. On a admis, en outre, que tous les buscs seraient au moins à 0m.70 sous l'étiage de manière à se trouver à peu près dans le plan du fond de la rivière.

Les buscs les plus bas sont ceux de l'écluse du Port-à-l'Anglais, ils se trouvent à 1m.60 sous l'étiage conventionnel de 1844. Ils ont été placés à ce niveau dans le but d'éviter la construction d'un barrage dans Paris si l'étiage de 1844 s'était maintenu.

Niveau des couronnements. — Les crues sont quelquefois très hautes sur la Seine, on les a vu s'élever à Montereau à 4m.50 au-dessus de l'étiage et à Paris elles ont dépassé souvent 6m.50. Si donc on avait construit des écluses insubmersibles on se serait jeté dans des dépenses excessives sans nécessité. Il était plus rationnel et préférable sous le rapport de l'écoulement des crues de placer le couronnement des écluses à quelques décimètres seulement au-dessus des plus hautes eaux de navigation qui, vers Montereau s'élèvent à 3 mètres au-dessus de l'étiage et vers Paris à 3m.50.

Forme et dimensions d'une tête d'écluse. — On a adopté pour chaque écluse le type suivant :

Les deux têtes en maçonneries sont symétriques ; elles sont fondées sur un massif de béton ayant 1m.50 au moins d'épaisseur, coulé dans une enceinte de pieux et palplanches.

La longueur d'une tête dans le sens d'une écluse est de 15 mètres.

La longueur du massif de fondation, mesuré dans le même sens est de 18 mètres, de manière à laisser en amont et en aval des maçonneries deux zones de béton de 1m.50 de largeur chacune destinées à recevoir les batardeaux.

Chacun des deux bajoyers contient un aqueduc circulaire ayant à peu près un mètre carré de section et un seuil à 0m.30 au-dessus des buscs. La bouche d'amont s'ouvre dans la chambre des portes et est munie d'une vanne ; la bouche d'aval s'ouvre dans le mur de fuite. Ces aqueducs viennent en aide aux ventelles des portes pour emplir ou vider le sas dont nous avons déjà indiqué les grandes dimensions.

Le sas perreyé qui unit les deux têtes est limité d'un côté par la rive du halage et de l'autre par une digue établie en rivière.

Digue du sas. — La digue du large a 3 mètres de largeur au sommet et des talus perreyés à 45 degrés.

Le corps de cette digue contient un noyau d'argile ou de glaise de 3 mètres d'épaisseur à la base et de 1 mètre au sommet et qui descend jusque sur le terrain solide ; on le met en place au moyen d'un coffrage provisoire qui lui sert de moule et peut être utilisé plusieurs fois. Entre ce noyau d'argile et le matelas en craie sur lequel repose le perré, on a remblayé, soit avec de la terre franche provenant des déblais, soit avec du gravier provenant des dragages.

La digue en terre avec talus perreyés a été préférée à un

Digitized by Google

mur fondé sur béton, parce qu'il est toujours facile de réparer les avaries qui peuvent être causées par des affouillements dans les fondations. Ainsi, pendant une retenue d'épreuve du barrage d'Évry, la digue du sas s'est affaissée de $0^m.75$ sur 30 mètres de longueur; en quelques jours cette avarie a été parfaitement réparée moyennant une dépense de 1 200 francs.

Néanmoins, partout où l'on a rencontré le rocher à une assez faible profondeur pour le mettre à sec et y élever des maçonneries, toute crainte d'affouillement disparaissant, il eût peut-être été préférable de substituer un mur à cette digue qui a été conservée pour maintenir l'uniformité du type des écluses de la haute Seine (*).

Glissières des talus du sas. — Les aspérités du talus d'un sas perreyé ont l'inconvénient de s'opposer aux glissements des bateaux qui s'abaissent lorsqu'on ouvre les ventelles des portes d'aval. On a évité cet inconvénient en appliquant sur les perrés du sas des glissières en bois de chêne, sur lesquelles porte le fond des bateaux lorsqu'ils viennent rencontrer le talus. Ces glissières ont toutefois l'inconvenient d'être quelquefois brisées pendant la marche des bateaux qui accrochent latéralement et dont la marche est assez rapide lorsque, pendant les hautes eaux, toutes les portes des écluses sont ouvertes.

Portes d'écluse. — Les portes des écluses sont en charpente, on les manœuvre au moyen de roues dentées dont les treuils sont logés dans le couronnement des bajoyers. On a prévu le cas où l'un de ces treuils serait momentanément hors d'état de fonctionner, et, pour qu'alors la navi-

(*) Les talus des digues sont perreyés à pierres sèches. L'expérience a montré que cette disposition est mauvaise. Les fréquentes variations de niveau, surtout sur le talus du sas, produisent rapidement le lavage des joints et l'affaissement du pavé. Il eût été préférable de faire les perrés en maçonnerie hydraulique ou du moins de boucher les joints avec du mortier.

gation ne soit pas interrompue, on a disposé à l'avance des poulies de retour au moyen desquelles ont peut également ouvrir et fermer les portes, en se servant de cordages et du petit treuil horizontal affecté spécialement au relèvement de la chaîne du touage, ainsi que nous l'avons expliqué dans notre mémoire sur la traction des bateaux (*Annales*, 3e trimestre, 1863).

Les portes sont submersibles comme les écluses, leurs garde-corps s'enlèvent au moment des crues. Chaque vantail porte trois ventelles à jalousies manœuvrées au moyen de crics dont les leviers peuvent également s'enlever.

Arrière-radier des têtes d'écluse. — On avait projeté de faire en aval de chaque tête d'écluse un arrière-radier composé d'enrochements recouverts d'une couche de ciment de Portland de 0m.25 d'épaisseur, mais l'expérience semble avoir démontré que des enrochements suffisent sans chape en ciment. Le courant qui s'échappe des ventelles des portes est en effet contrarié par ceux qui s'échappent des aqueducs de vidange, et leur résultante n'affouille pas en aval du coffrage d'une tête.

Chaîne du touage. — La chaîne du touage passe dans chaque écluse entre les deux vantaux de chaque tête ; elle est disposée et sa manœuvre est faite comme nous l'avons expliqué dans un mémoire de 1863, sur la traction des bateaux.

Chenal aux abords. — On avait supposé dans les projets qu'il suffisait de draguer aux abords des têtes d'écluse de manière à avoir pour le chenal d'amont une profondeur de 0m.70 sous l'étiage conventionnel ; on ne pensait pas alors que le sas ouvert par les deux bouts servirait parfois de pertuis de navigation ; mais on a reconnu depuis que, soit pendant les travaux, soit pendant l'époque de transition qui précède leur usage définitif, il était inutile de livrer à la navigation le sas libre ; il en est résulté la nécessité d'avoir à l'amont comme à l'aval un chenal d'au moins

Digitized by Google

30 mètres de largeur dragué jusqu'à la profondeur des buscs, et même à quelques centimètres plus bas pour diminuer l'ensablement des chambres des portes.

Le chenal a été conservé suivant le prolongement de l'axe du sas sur 150 mètres au moins en amont et en aval de chaque écluse.

§ 3. DESCRIPTION SOMMAIRE D'UNE PASSE NAVIGABLE.

La passe d'un barrage est le pertuis que les bateaux et trains peuvent franchir, soit à l'époque des éclusées, soit quand la rivière est naturellement navigable.

Niveau du radier. — Ce n'est pas toujours par les mêmes considérations que les ingénieurs déterminent la profondeur à laquelle le radier d'une passe doit se trouver au-dessous de l'étiage; les uns pensent que l'on peut mettre ce radier au niveau de l'étiage et même un peu au-dessus, afin d'utiliser presque en totalité la hauteur réelle du barrage, tout en n'employant que des engins de médiocre élévation, ou si l'on se sert d'engins d'une grande hauteur, afin de diminuer le nombre des barrages.

Les autres pensent que de pareilles dispositions ont l'inconvénient de provoquer des atterrissements considérables, et qu'il est préférable de descendre le radier le plus bas possible au-dessous de l'étiage, afin de favoriser les courants de fond qui emportent les atterrissements dès que la rivière est rendue à la liberté.

Les radiers élevés ont en outre l'inconvénient d'exiger le passage par les écluses pendant la plus grande partie de l'année; ils rendent enfin impossibles ou dangereuses les lâchures ou éclusées dont profite la navigation.

Cette dernière considération a fait décider que sur la haute Seine les radiers des passes navigables seraient à environ $0^{m}.10$ en contre-bas des hauts-fonds les plus élevés de la rivière, et comme ces plus hauts-fonds se trouvaient

Digitized by Google

à environ 0m.50 au-dessous de l'étiage conventionnel de 1844, les radiers des passes navigables ont été uniformément placés à 0m.60 sous cet étiage, qui passe par le zéro du pont de la Tournelle. Mais le fond de la rivière s'est creusé entre Juvisy et Paris, et si les hauts-fonds s'y trouvent encore à 0m.50 en contre-bas de l'étiage nouveau, celui-ci est descendu bien au-dessous de celui de 1844. (Le 29 septembre 1865, l'eau est descendue à Paris à 1m.07 sous le zéro du pont de la Tournelle.) Il en résulte, dès lors, que les seuils des passes navigables des barrages d'Ablon et du Port-à-l'Anglais sont notablement plus élevés que les hauts-fonds actuels, et qu'ils se sont ainsi accidentellement rapprochés du niveau des plus basses eaux. Cet état de choses pourra cesser si l'on parvient à faire relever dans des limites convenables le fond de la Seine entre Juvisy et Paris, de manière à diminuer l'écart qui existe maintenant entre le niveau des plus basses eaux et l'étiage conventionnel de 1844.

L'élévation du seuil de la passe navigable d'Ablon nous a d'ailleurs fait reconnaître un nouvel inconvénient causé par cet abaissement de l'étiage, et qui consiste à rendre plus pénible le relèvement des dernières hausses. On le comprendra mieux en précisant par des chiffres. Ainsi, pendant la manœuvre de relèvement d'une passe navigable, manœuvre qui peut durer deux heures, l'eau s'élève moyennement à l'amont de 0m.54 et s'abaisse à l'aval de 0m 27. La fermeture de la passe a donc moyennement augmenté de 0m.61 la chute qui existait naturellement au droit du barrage ouvert, et qui est très faible quand le seuil de la passe se trouve au niveau du fond naturel de la rivière; mais elle peut être assez grande, comme à Ablon, où elle atteint parfois 0m.50. Il en résulte qu'alors la chute naturelle s'ajoute à la chute due à la fermeture, et que les dernières hausses doivent être relevées sous une chute totale d'environ 1m.10.

Longueur d'une passe. — La longueur d'une passe navi-

gable doit être la moindre possible, afin de ne pas augmenter inutilement les dépenses de construction et le temps ou les difficultés des manœuvres d'ouverture et de fermeture. Cette longueur doit d'ailleurs être suffisante pour que la navigation puisse s'y faire aisément.

La longueur d'une passe destinée à faire des lâchures par éclusées doit aussi être proportionnée au volume d'eau retenu par le barrage et à sa chute; en effet, lorsqu'on ouvre une passe navigable, le flot qui s'écoule a une force d'affouillement considérable, si la chute est forte et si la largeur de l'ouverture est faible; mais à mesure que cette ouverture s'agrandit, la cataracte disparaît peu à peu, et il ne reste qu'un rapide sur lequel les embarcations peuvent passer sans danger.

La longueur d'une passe doit encore être telle que l'existence du barrage ouvert ne produise pas de gonflement sensible au moment où les grandes eaux sont sur le point de déborder sur les propriétés riveraines.

Nous pensons maintenant, d'après les expériences dont nous rendrons compte plus loin, qu'on aurait pu diminuer la longueur des passes de la haute Seine, et augmenter celle des déversoirs, tout en satisfaisant plus économiquement aux mêmes conditions.

Résistance du radier d'une passe.—Les radiers des passes navigables doivent résister à plusieurs forces puissantes, dont l'intensité croît comme le carré de la retenue; ces forces sont les sous-pressions de l'eau, la poussée dans le sens du courant et la force d'arrachement.

Nous avons expliqué (mémoire de novembre et décembre 1861) comment les radiers sont disposés pour résister à ces diverses causes de destruction.

Hausses des passes navigables. — Quant aux hausses en charpente, nous avons déjà expliqué dans notre mémoire de 1861 qu'elles ont 3m.10 de hauteur et 1m.20 de largeur; qu'elles butent de 0m.10 contre le seuil auquel sont atta-

Digitized by Google

chés leurs chevalets, et que les intervalles entre elles sont de $0^m.10$, mais peuvent être réduits à $0^m.05$ ou à $0^m.03$; nous n'en parlerons pas davantage en ce moment.

Pile.—La pile qui sépare une passe navigable de son déversoir ou l'épaulement qui relie cette passe à l'une des rives du fleuve sont des constructions qui ont beaucoup d'analogie avec une pile ou une culée de pont, et elles ont été exécutées de même; ce sont des maçonneries fondées en général sur un massif de béton coulé à sec ou à la caisse dans une crèche entourée d'un coffrage (Pl. 174, *fig.* 3, 4, 7).

§ 4. DESCRIPTION SOMMAIRE D'UN DÉVERSOIR.

Le déversoir d'un des barrages éclusés de la haute Seine est lui-même un barrage mobile composé d'un massif fixe surmonté de hausses soutenues par des arcs-boutants et chevalets. Le caractère principal de ces hausses consiste, comme nous l'avons dit dans notre mémoire de 1861, en ce que leur axe de rotation est à peu près placé au tiers de leur hauteur, de telle sorte qu'elles se mettent spontanément en bascule lorsque l'eau passe par-dessus en déversant d'une certaine quantité.

Niveau du couronnement de la partie fixe.—On comprend qu'on peut établir le radier qui porte ces hausses au-dessus comme au-dessous de l'étiage. Des considérations puisées dans la disposition des lieux, le régime de la rivière, les besoins auxquels on veut satisfaire servent à déterminer la hauteur du radier par rapport à l'étiage, et par suite la hauteur des hausses dont la crête doit s'élever dans le même plan de retenue que celle des hausses de la passe navigable quand elles sont debout.

Il est une règle dont il ne faut pas s'écarter, c'est que l'orifice compris entre le radier du déversoir et les hausses mises en bascule doit débiter aisément toutes les eaux de la rivière lorsqu'on achève de fermer la passe navigable à

Digitized by Google

l'époque où la rivière cesse d'avoir naturellement le mouillage que l'on veut y conserver. Enfin il faut observer que plus le radier sera élevé par rapport à l'étiage, plus la construction et les réparations en seront faciles et économiques.

D'après ces principes, on a admis pour la Seine que le seuil des déversoirs serait arasé à $0^m.50$ au-dessus de l'étiage, et que les hausses auraient 2 mètres de hauteur, $1^m.30$ de largeur, des entre-deux de $0^m.10$, et qu'elles buteraient de $0^m.07$ contre le seuil.

Longueur d'un déversoir. — La longueur d'un déversoir dépend de la hauteur de son radier; elle est déterminée de manière à assurer l'écoulement de l'eau, soit lorsqu'on ferme la passe, soit à l'époque des grandes crues.

Enfin la direction des déversoirs est tantôt normale, tantôt inclinée sur l'axe de la rivière; et c'est ici le lieu d'observer qu'un déversoir oblique donne un débit proportionnel à sa longueur, si la vitesse de l'eau est nulle, ou à peu près nulle à l'amont, tandis que le débit cesse d'être proportionnel à la longueur quand cette vitesse a une certaine valeur. A l'époque des crues, lorsque le barrage est ouvert, la longueur du déversoir oblique est alors à peu près sans effet; mais au moment de la fermeture de la passe navigable, et c'est là un fait essentiel, le courant est presque nul, et le débit par le déversoir se fait proportionnellement à sa longueur. En général l'angle du déversoir sur la direction de la passe doit être faible, de 25 à 30 degrés à peine.

Détails de la partie fixe d'un déversoir. — On a disposé les déversoirs de manière qu'on puisse les construire sans épuisements et aussi de telle sorte qu'un affaissement dans le massif de la partie fixe ou même un petit mouvement dans son radier ne puisse empêcher les hausses de fonctionner.

C'est ainsi que l'on a été conduit à établir un véritable échafaudage en charpente qui porte tout le mécanisme mo-

Digitized by Google

bile. Cet échafaudage se compose de deux lignes de coffrages formés de pieux et palplanches moisés solidement dans le sens longitudinal et reliés normalement entre eux par autant de traverses solides que l'on doit employer de hausses (Pl. 174, *fig.* 3, 4, 7, 8, 9).

Un double seuil de forte dimension et armé d'équerres en fer consolide cet ensemble, rend invariable la position des traverses et forme l'appui contre lequel viennent buter les hausses.

Tout cet échafaudage et les hausses elles-mêmes peuvent se mettre en place sans arrêter le cours de l'eau et sans épuisements. Si l'on attend d'ailleurs, pour exécuter ce travail, une époque d'étiage, il peut se faire hors de l'eau.

Dès que cette charpente est solidement établie sur le fond de la rivière, soit à l'aide de pieux et palplanches, si le fond est de nature pénétrable, soit avec des chevalets cramponnés au rocher, comme à Coudray, on la consolide en coulant dans le coffrage une couche de béton de $1^m.50$ d'épaisseur, affleurant le dessous des traverses supérieures et reposant sur un mélange de gravier et d'enrochement. Enfin on recouvre le béton soit d'un pavage en moellon smillé, soit avec un platelage en chêne cloué sur des lambourdes entre les traverses et posé à bain de mortier pour ne laisser aucun vide entre le béton et ce platelage.

On a employé le platelage au Coudray, à la Citanguette, aux Vives-Eaux, et en général toutes les fois que les eaux se sont trouvées trop élevées pour que l'on pût faire aisément un pavage en maçonnerie sans épuiser (Pl. 174, *fig.* 9, 10, 11, 12).

Le coffrage d'amont d'un déversoir est distant de $4^m.36$ du coffrage d'aval.

On peut remarquer que quand même l'eau de la retenue se ferait jour à travers le massif fixe d'un déversoir, il n'en résulterait aucun inconvénient immédiat pour les constructions; toutefois, comme ces filtrations pourraient, si elles

étaient importantes, gêner le remplissage du bief ou produire à la longue des tassements ou des affouillements on s'est efforcé de les empêcher; pour y parvenir on a rendu tous les coffrages bien jointifs au moyen de couvre-joints cloués par des plongeurs, on a en outre remblayé en amont du coffrage d'amont jusqu'au niveau de la moise supérieure avec de la terre franche ou sablonneuse; aussi les filtrations ne sont-elles pas à craindre. Le coffrage d'aval est maintenu par un large prisme de gros blocs placés en enrochements.

§ 6. ARRIÈRES-RADIERS.

La disposition d'un arrière-radier doit dépendre de la vitesse de l'eau qui s'échappe du pertuis, du temps pendant lequel l'écoulement a lieu, de l'épaisseur de la tranche d'eau qui recouvre le fond à l'aval du pertuis et enfin de la nature du fond. Il faut en outre que la veine fluide qui s'échappe du barrage ait un certain volume pour avoir une action affouillante, ainsi l'expérience a fait reconnaître que les tranches verticales d'eau s'échappant par les entre-deux de $0^m.10$ des hausses d'un barrage de la haute Seine perdent leur force vive en passant sur le radier et n'ont plus d'action à l'aval dans aucun cas.

Dans les barrages à hausses mobiles le règlement du niveau de la retenue se fait exclusivement par le déversoir, la passe navigable ne produit de veine affouillante qu'au moment de son ouverture au moyen des barres à talons, et si cette ouverture n'a lieu chaque année que trois ou quatre fois par des eaux d'un mètre au moins au-dessus de l'étiage à l'aval, si en outre la manœuvre de l'ouverture est faite en quelques minutes de manière à faire disparaître rapidement la chute de l'amont à l'aval on n'a à craindre aucun effet fâcheux à l'aval, et on pourrait se dispenser d'y faire un ouvrage de défense quelconque. Mais si les lâchures par la passe doivent être

souvent répétées, par exemple une ou deux fois par semaine pour favoriser la navigation par éclusées, il devient utile de combattre la force d'affouillement à l'aval des passes navigables si le fond naturel n'est pas par lui-même suffisamment résistant à une profondeur de 2^{m}.50 à 3 mètres sous l'étiage, sans quoi le sol sur lequel repose le béton du radier pourrait en s'affouillant s'échapper peu à peu à travers les joints du coffrage.

Le déversoir donnant passage à toute l'eau excédant la retenue, on doit s'attendre à une force d'affouillement assez considérable à l'aval; mais nous avons déjà fait observer que la construction d'un déversoir de la haute Seine n'a rien de délicat et que son massif fixe pourrait à la rigueur être plus ou moins endommagé, être même momentanément et partiellement à jour sans que le jeu des hausses qui le surmontent fût compromis. Cette propriété permet d'adopter un système de défense économique et dont on peut à la simple inspection vérifier chaque jour l'état de conservation.

Dans tous les barrages de la haute Seine on a placé à l'aval du coffrage du déversoir un prisme d'enrochements dont le sommet s'élève contre la moise supérieure de ce coffrage et dont le talus suivant une inclinaison de 2 de base pour 1 de hauteur s'enfonce jusqu'à 4 mètres sous l'étiage.

Dans nos expériences d'épreuve de chaque barrage, nous avons avec intention exagéré la chute de chacun d'eux, ainsi, au barrage de la Citanguette la chute, qui en service normal ne doit pas dépasser 1^{m}.43, s'est élevée à 2^{m}.75 pendant l'épreuve; avec une semblable chute, tous les enrochements que nous avions mis en aval du coffrage du déversoir ont été balayés et repoussés à une distance de 15 mètres environ, le rocher naturel qui se trouve à 2^{m}.90 sous l'étiage, rocher sur lequel repose tout le barrage et qui était recouvert d'environ 3 mètres d'eau, a été complé-

tement mis à nu par la veine affouillante qui s'échappait par chacune des hausses du déversoir, mises spontanément en bascule par l'action de la retenue. Au barrage d'Évry avec une chute d'épreuve de 2m.71, les enrochements ont été également enlevés au droit de chacune des hausses en bascule du déversoir, jusqu'à une profondeur de 4 mètres sous l'étiage, profondeur à laquelle on rencontre un gravier naturel assez résistant. A chacun de ces barrages il a suffi de quelques heures d'écoulement par les hausses en bascule pour produire les effets que nous venons d'indiquer. Des résultats analogues se sont produits en aval de tous nos déversoirs pendant nos manœuvres d'essai, tandis qu'en aval des passes aucun mouvement notable du fond n'a été constaté.

On comprend parfaitement que quand les barrages fonctionneront simultanément, les mêmes effets ne se reproduiront pas parce que les chutes seront moindres que quand nous les avons fait fonctionner isolément, et que le matelas d'eau à l'aval de chaque déversoir sera plus épais ; néanmoins comme on doit toujours rester à une certaine distance de la limite de résistance qui produit la destruction, nous avons cherché à obtenir un revêtement plus résistant que celui adopté d'abord.

Les premiers enrochements employés à l'aval des déversoirs étaient trop faibles, ils n'avaient moyennement que 0m.25 à 0m.30 de côté et l'expérience a prouvé qu'une chute de 2 mètres suffisait pour les balayer jusqu'à 4 mètres de profondeur, et jusque contre le coffrage d'aval du déversoir ;

Ceux qui ont été enlevés ont été remplacés par d'autres enrochements présentant plus de densité et ayant 0m.50 de côté ; et à mesure que les premiers disparaîtront on les remplacera par de nouveaux plus lourds et plus gros. Il faut remarquer d'ailleurs que les premiers enrochements entraînés ne sont pas inutiles, ils ne sont repoussés qu'à 15 ou 20 mètres de distance et peu à peu ils finiront par

Digitized by Google

garnir le fond de la rivière à l'aval du déversoir d'une manière inattaquable. C'est surtout pendant les premiers temps de service que l'on devra veiller à l'entretien de ces enrochements jusqu'à ce que le fond en soit bien saturé sur une surface suffisante, on arrivera ainsi au bout de peu de temps à avoir un arrière-radier bien assis et d'un entretien facile.

De même on a mis en aval du coffrage de la plupart des passes navigables un prisme d'enrochements semblable à celui dont nous venons de parler pour les déversoirs. Ces prismes, quoique faits généralement en moellon de 0m.25 à 0m.30, ont résisté lors des lâchures des retenues d'épreuves.

Pour nous résumer nous dirons que si la chute habituelle doit dépasser 1m.50, si en outre le fond solide se trouve à l'aval à plus de 4 mètres sous l'étiage, et qu'enfin, si l'on craint de manquer de crédit d'entretien il est prudent de faire dès le principe un arrière-radier solide d'un système quelconque à l'aval d'un déversoir, mais que dans les circonstances où sont les barrages de la haute Seine, des talus en gros enrochements convenablement entretenus nous paraissent suffisants; ces talus se consolident avec le temps parce que le sable et le gravier amenés par le courant ou par les crues de l'hiver viennent remplir les vides et relier entre elles les différentes parties qui dès lors se soutiennent mutuellement.

§ 7. EXÉCUTION DES TRAVAUX.

Epoque d'exécution. — Les premiers barrages de la haute Seine ont été adjugés en 1859, mais ce n'est qu'à partir du mois de mai 1860 que les chantiers des barrages de Champagne, d'Évry et de Melun ont commencé à être en activité, les neuf autres barrages n'ont été commencés qu'en 1861; l'achèvement des douze barrages était complet à la fin de 1864. Il aurait pu être obtenu à la fin de 1863 si les crédits des années 1861, 1862 et 1863 eussent

été plus considérables; mais malheureusement les travaux, poussés d'abord activement, ont dû être ralentis ensuite faute d'argent, alors que la saison et la hauteur des eaux permettait encore un travail facile. Ces retards par défaut de crédit se présentent trop souvent dans les grands travaux exécutés par l'État, et leurs inconvénients, dans certains cas, sont trop graves pour que l'administration supérieure n'adopte pas avant peu un système budgétaire qui en empêche le retour.

Division des adjudications. — D'après nos observations, il paraît bon d'avoir autant d'entrepreneurs que de barrages, et il y aurait inconvénient à donner à un même entrepreneur plus de deux barrages à construire simultanément.

Nous avons regretté d'avoir pour les parties mobiles un entrepreneur spécial chargé à la fois de la fourniture et de la pose. Il eût été préférable, selon nous, de n'avoir qu'un seul entrepreneur pour tout un barrage.

Dragages. — C'est toujours par les dragages que les travaux ont commencé; on creusait dans l'emplacement de chaque ouvrage, d'une tête d'écluse, par exemple, jusqu'au niveau sur lequel devait reposer le béton de fondation, et ce n'est qu'après l'exécution de cette fouille que l'on mettait en place les coffrages destinés à former l'enceinte du massif de fondation. Quand les coffrages se composent de pieux et palplanches pénétrant dans le sol et non de caissons reposant simplement sur le rocher, on peut suivre un ordre inverse, c'est-à-dire établir d'abord l'enceinte, puis faire les dragages à l'intérieur; on diminue ainsi notablement le volume à extraire, mais on ne peut généralement pas se servir d'une grosse drague qui ne saurait pénétrer et se manœuvrer dans l'enceinte; il faudrait donc avoir recours à des dragues à main ou à de petites dragues faisant peu d'ouvrage; il est avantageux, en outre, d'enlever le gravier qui pourrait se trouver à l'extérieur de l'enceinte,

afin de le remplacer par de la terre franche formant une sorte de cuvette imperméable qui facilite les épuisements et favorise la conservation de l'ouvrage en s'opposant aux filtrations.

Pour exécuter les dragages, on s'est généralement servi d'une drague de la force de vingt chevaux; la chaudière est timbrée à six atmosphères. Cette drague a coûté 60 000 francs, garnie de tous ses agrès; elle peut durer de douze à vingt ans; elle est servie pour les transports par seize bateaux en tôle de 4 à 6 millimètres d'épaisseur, coûtant chacun 3 000 francs.

Le nombre des hommes d'équipage de la drague a varié de cinq à neuf, savoir : un chef dragueur ou capitaine dirigeant toutes les manœuvres de la drague, aux appointements fixes de 200 francs par mois;

Un chauffeur mécanicien, payé 150 francs par mois;

Un maître marinier, payé aussi 150 francs par mois, dirigeant le mouvement des bateaux de transport;

Deux à six hommes d'équipage pour la manœuvre des treuils, cordages, etc.

Le nombre des mariniers ordinaires et des terrassiers pour le transport et l'emploi des dragages est d'ailleurs proportionné au travail courant.

Le volume dragué dans une journée de douze heures de travail effectif a varié suivant la nature du terrain, la distance du transport et le nombre des ouvriers employés à la décharge, il a été au maximum de 400 mètres cubes. Enfin le nombre de jours de travail dans une année n'a été en moyenne que de 210.

Le cube total des dragages effectués au barrage de la Citanguette, est de 17 685^{mc}.14.

Le temps total de travail effectif de la drague a été, pour ce barrage, de neuf cent soixante et onze heures.

Ce qui représente un volume moyen de 18^{m}.21 par heure de travail effectif.

Digitized by Google

En additionnant tous les frais de personnel, de matériel, d'entretien et d'amortissement, nous avons trouvé que le dragage, transport, etc., des 17 685^{mc}.14 énoncés ci-dessus a réellement coûté au propriétaire de la drague 31 804^{f}.68.

En résumé, le prix réel de revient de 1 mètre cube de dragage composé de 0^{m}.93 de terre, sable ou gravier, et est de 0^{m}.07 de blocs isolés, dragué à une profondeur moyenne de 2^{m}.13 sous l'eau, transporté en bateau à la descente à une distance moyenne de 560 mètres et déchargé sur la berge à 1^{m}.50 au-dessus de l'eau, ce prix de revient, disons-nous, s'élève à $\frac{31\,804.68}{17\,685.14} = 1^{f}.80$ et peut se décomposer comme il suit :

	par mètre cube. fr.
Personnel.	1.06
Houille, suif, huile, étoupes, chiffons.	0.15
Entretien et grosses réparations du matériel. . . .	0.38
Intérêts et amortissement du capital d'acquisition.	0.21
Total. . . .	1.80

Coffrages des enceintes. — Après l'achèvement des dragages d'une tête d'écluse ou d'une autre partie du travail. on s'est occupé de mettre en place le coffrage de l'enceinte, Ces coffrages sont de deux espèces, suivant la nature du fond. Toutes les fois qu'on a rencontré un fond de gravier ou d'argile, comme à Évry et à Ablon, ou un fond de rocher susceptible d'être traversé, comme au Port-à-l'Anglais, on a composé les coffrages de pieux et palplanches jointives, battus suivant les procédés connus (Pl. 174, *fig.* 6, 8), le moisage se faisant tantôt sous l'eau, suivant le système que nous avons décrit dans les *Annales* (année 1861, juillet et août, pag. 65), et tantôt hors de l'eau, suivant le procédé ordinaire. On donnait aux palplanches une longueur suffisante pour qu'après leur battage leur tête soit encore élevée à 1^{m}.50 environ au-dessus de l'étiage, de manière à former l'un des parements du batardeau pendant la construc-

Digitized by Google

tion, ces palplanches ont ensuite été recepées au niveau des moises après l'enlèvement des batardeaux.

Presque tous les battages ont été faits avec des sonnettes à vapeur de divers systèmes, dont le mouton pesait 750 kilog., et dont la chute variait entre 0m.50 et 4 mètres. La machine était de la force de douze chevaux et montée sur le même bateau que les jumelles. Une semblable sonnette, munie de tous ses agrès et prête à fonctionner, coûte environ 50 000 francs. Sa dépense, pour une journée de dix heures de travail effectif, peut s'évaluer de la manière suivante :

	fr.
Entretien et réparations de la machine	10.00
Entretien et réparations du bateau et des cordages	8.00
Charbon, 400 kil. à 40 fr. la tonne	16 00
Un charpentier	7.00
Un mécanicien	8.00
Un chauffeur, un débrayeur et un tireur	15.00
Un marinier	6.00
Huile, suif, chiffons	3.00
Total pour 10 heures de travail	73.00

Le temps pour la mise en fiche d'un pieu a varié entre huit et trente minutes; il était moyennement d'environ douze minutes. Quant au temps du battage par mètre courant de fiche, il a été extrêmement variable, suivant la nature du sol, et nous craignons de ne pas être suffisamment précis en donnant ces chiffres.

Lorsqu'on a rencontré, comme au Coudray, à la Citanguette et aux Vives-Eaux, à une profondeur de 2m.50 à 3m.50 sous l'étiage, un rocher trop dur pour être pénétré par les pieux et palplanches, on s'est borné à bien mettre à nu le rocher et à faire simplement reposer sur lui le coffrage d'après le procédé suivant : on construisait à terre des caissons ayant exactement la forme que l'on voulait donner aux batardeaux d'enceinte (Pl. 174, *fig.* 5, 9), l'un des parements, vertical et en bois de chêne, était destiné à être recepé au

niveau convenable et à former le coffrage définitif après l'achèvement des maçonneries; l'autre parement destiné à être enlevé complétement en même temps que les batardeaux, était en bois blanc. Après avoir parfaitement nettoyé le rocher, on coulait à fond la carcasse de ces caissons sur l'emplacement futur des batardeaux, puis on glissait les madriers jointifs formant les deux parements du caisson; les madriers intérieurs étaient en chêne, ceux de l'extérieur en sapin; leur extrémité inférieure s'appuyait sur le rocher, et leur extrémité supérieure s'élevait à 1^m.50 au dessus de l'étiage; les montants extérieurs étant reliés aux montants intérieurs d'un même caisson par des boulons horizontaux. Ces boulons, traversant le batardeau, sont indispensables pour empêcher le caisson de s'écraser sous la poussée des terres intérieures; ils n'ont d'ailleurs produit que des suintements sans importance pendant les épuisements. Chaque caisson a une longueur de 5 à 6 mètres, et deux caissons consécutifs sont juxtaposés, puis leurs montants jointifs sont reliés par des brides en fer placés au scaphandre. Enfin, pour maintenir l'écartement des caissons pendant les épuisements, on avait soin de placer intérieurement, dans les fouilles, des étais horizontaux s'appuyant d'un bout contre les caissons d'amont, et d'autre bout contre les caissons d'aval de la fouille.

Batardeaux. — Dans le système que nous venons de décrire en dernier lieu, c'est-à-dire dans le cas d'une fondation sur rocher à 3^m.50 au plus sous l'étiage; les batardeaux reposent directement sur le rocher. Quand les caissons sont en place, on fait enlever par un plongeur tout le gravier qui peut encore subsister à la surface du rocher et qui donnerait passage à l'eau sous le batardeau, on fait clouer des couvre-joints sur les entre-deux des madriers qui ne sont pas bien jointifs. Enfin on coule la glaise ou l'argile délayée et pétrie d'avance sur un plancher voisin, et on dame à mesure (Pl. 174, *fig.* 5). Des batardeaux ainsi faits ont tou-

jours parfaitement résisté; ainsi, pour fonder la passe du Coudray, nous avons mis à sec la surface du rocher formant le fond de la rivière sur une longueur de 59 mètres et une largeur de 10 mètres, sous une charge extérieure de 4^{m}.50 à 5 mètres d'eau, et cependant la fouille était facilement entretenue par une petite pompe rotative (système Belleville et Mâlo) mue par une locomobile de cinq chevaux.

Quand, au contraire, l'enceinte est formée de pieux et palplanches pénétrant dans le sol, c'est-à-dire quand l'ouvrage est fondé sur gravier, les batardeaux reposent sur le béton préalablement coulé dans l'enceinte (Pl. 174, *fig.* 6). Nous avons déjà dit que l'un des parements des batardeaux était formé par les palplanches, s'élevant à 1^{m}.30 sur l'étiage; l'autre parement est composé de chevalets et de madriers en bois blanc, pénétrant de quelques centimètres dans le massif de béton et reliés aux palplanches par des boulons à la partie inférieure et par des moises à la partie supérieure. Les batardeaux se font ensuite comme précédemment, en coulant la glaise ou l'argile sur le béton.

Coulage du béton.—Avant de couler le béton, nous avons toujours eu soin de bien vérifier la profondeur de la fouille, de la faire au besoin compléter avec des dragues à main ou par des plongeurs, de faire clouer sur tous les joints des palplanches des couvre-joints; enfin de laisser dans le coffrage un certain nombre de vides convenablement disposés pour l'écoulement des laitances; ces vides étaient bouchés ultérieurement en y battant des palplanches. Le béton, dont l'épaisseur ne dépassait pas 1^{m}.80 ou 2 mètres, était coulé tantôt en une seule couche, tantôt en deux couches; on élevait son niveau supérieur jusqu'à environ 0^{m}.20 au-dessous du niveau futur du radier en maçonnerie, de sorte qu'après les épuisements on avait à en recouper une certaine épaisseur pour loger la queue des moellons et des pierres de taille. Ce recoupage est généralement long et incommode, à cause du petit espace dont on dispose; il con-

Digitized by Google

stitue d'ailleurs une perte, et nous pensons préférable d'araser, au contraire, le béton à peu près au niveau ou sous le niveau qu'il doit avoir, de manière à avoir à compléter ce qui manque avec de la maçonnerie plutôt qu'à recouper. Le coulage a généralement été fait avec des caisses en tôle ayant la forme d'un demi-cylindre et s'ouvrant suivant la génératrice inférieure. Le béton a été fabriqué en versant le mortier et les cailloux préalablement mélangés grossièrement dans un cylindre vertical en tôle, d'environ 2^{m}.50 de longueur, traversé par des diamètres horizontaux en fer, dont les extrémités se trouvent sur une hélice tracée sur le cylindre; cette machine est bien connue aujourd'hui sous le nom de *bétonnière*. Les brouettes s'amènent sous la bétonnière et se remplissent en ouvrant à la main la porte qui en ferme le fond. La bétonnière doit être toujours pleine pour que le mélange se fasse bien. Ce mode de fabrication donne de très-bons résultats, mais il n'est pas applicable aux chaux à prise très-rapide qui feraient corps dans la bétonnière même; ainsi le béton avec chaux limite de Pouilly ou avec chaux moins hydraulique, mais mélangée de ciment de Vassy, se faisait à bras sur une aire en planches.

Chaux.—Sur quelques barrages, on a employé la chaux de Pouilly, tantôt fournie en poudre, tantôt cuite sur les chantiers mêmes, et on a toujours obtenu d'excellents résultats. A la demande de quelques entrepreneurs, nous avons aussi employé la chaux de Beffes (Cher). Divers échantillons de calcaires analysés à l'École des ponts et chaussées avaient indiqué la composition suivante :

CALCAIRES DE BEFFES. Eléments.	BANC supérieur.	BANC intermédiaire.	BANC inférieur.
Résidu insoluble.	13.25	9.40	14.20
Alumine et peroxyde de fer.	1.40	1.15	2.35
Carbonate de chaux.	82.15	87.07	80.28
Eau et matière non dosées.	3.20	2.38	3.17
	100.00	100.00	100.00

La chaux produite par le banc inférieur remplissant les conditions prévues dans le devis, nous avons dû autoriser son emploi ; elle nous a d'abord donné de très-bons résultats, mais vers la fin des travaux, la fourniture a changé de qualité, et nous avons reconnu qu'on avait mélangé les divers bancs de telle sorte que le mortier n'était plus suffisamment hydraulique. Nous avons dû, par cette raison, enlever et remplacer certains bétons qui n'avaient pas une résistance suffisante. Nous avons eu aussi à signaler dans la chaux de Beffes une fourniture défectueuse par excès d'acide carbonique, excès produit, soit par une cuisson incomplète, soit par un trop long séjour à l'air après cuisson ; en résumé, nous avons fini par interdire cette chaux pour tous les travaux sous l'eau. M. l'ingénieur en chef des mines Rivot, qui a eu l'occasion d'examiner le calcaire de Beffes, a signalé également le défaut d'homogénéité des bancs et a émis l'avis qu'en mélangeant les calcaires des divers bancs, en ajoutant 8 ou 10 p. 100 de sable fin ou d'argile, en pulvérisant le tout, en le rendant homogène sous des meules et faisant ensuite cuire en briquettes, on obtiendrait d'excellents ciments à prise rapide ou un peu lente, suivant le mode de cuisson.

Épuisements. — Après les dragages, les battages de pieux et palplanches, le coulage du béton et la confection des batardeaux, nous avons à parler des épuisements; il nous paraît utile d'entrer dans quelques détails sur les diverses machines employées et sur leur prix de revient.

Nous avons d'abord admis en principe que le moteur serait la vapeur, pensant qu'il ne serait pas prudent de compter sur un travail à bras d'homme pour entretenir des fouilles aussi considérables.

Nous avons ensuite passé des marchés avec divers propriétaires de machines (MM. Garnuchot à Paris, Batier et Canapville à Paris, Durieux à Lyon, Musey à Auxerre, etc.) pour exécuter ces épuisements. Enfin, prévoyant le cas où

Digitized by Google

les entrepreneurs d'épuisements ne pourraient suffire, nous avons obtenu de l'administration l'autorisation d'acheter deux locomobiles de cinq chevaux chacune, douze pompes Letestu n° 1; une pompe Farcot, petit modèle, et une pompe centrifuge, système Mâlo (modèle A[4]). Nous allons parler successivement de ces diverses pompes.

Pompes Letestu. — Les pompes Letestu nous ont toujours donné de bons résultats, mais leur mouvement alternatif a l'inconvénient de compliquer la transmission du mouvement circulaire de la poulie de la locomobile. Ainsi, pour les épuisements du barrage d'Évry, nous avons fait monter sur un bateau quatre pompes Letestu n° 1 et une locomobile de cinq chevaux, la transmission de mouvement qui réunissait la locomobile aux pompes n'a pas coûté moins de 1 200 francs, et exigeait des réparations assez fréquentes pendant lesquelles les travaux étaient suspendus, tandis qu'avec des pompes rotatives, une simple courroie établit la transmission. Les pompes Letestu ont en revanche l'avantage de pouvoir au besoin se manœuvrer à bras lorsqu'il s'agit d'épuisements sans importance, et leur entretien, qui se borne au renouvellement du cuir des clapets, peut être fait par un ouvrier du chantier.

Une pompe Letestu n° 1 se compose de deux corps de pompe de $0^{m}.40$ de diamètre intérieur et de $1^{m}.05$ de longueur, dont les pistons sont réunis par un balancier; la course d'un piston est de $0^{m}.30$; le nombre des coups de piston en marche normale doit être d'environ treize par minute pour chaque corps de pompe, un plus grand nombre serait préjudiciable au rendement et à l'entretien de la machine; le volume engendré par les deux pistons d'une pompe pendant une minute est donc égal à $3.1416 \times \overline{0,20}^2 \times 0,30 \times 26 = 0^{mc}.980,179$, et comme, dans les meilleures conditions d'entretien, le débit ne doit pas être évalué à plus de $0^{m}.80$ du volume engendré, il en résulte que le produit d'une pompe Letestu n° 1 est par minute de

$0.80 \times 0.980179 = 0^{mc}.784$, soit 13 litres par seconde en supposant les pistons en bon état.

La hauteur à laquelle l'eau devait être élevée a été très-variable d'un barrage à l'autre ; le niveau des dégorgeoirs des pompes était à peu près uniformément à $0^m.60$ au-dessus de la crête des batardeaux, soit à $1^m.90$ au-dessus de l'étiage, mais le niveau de l'eau dans les puisards était d'environ $1^m.50$ seulement sous l'étiage, quand il s'agissait, comme à Évry ou à Ablon, d'épuisements sur un massif de béton coulé préalablement, tandis qu'il atteignait $3^m.50$ sous l'étiage quand il s'agissait, comme au Coudray, de mettre à sec le rocher constituant le fond de la rivière ; la hauteur de l'élévation de l'eau a donc varié entre $3^m.40$ et $5^m.40$, suivant les barrages.

En ne considérant que la hauteur maximum d'élévation de $5^m.40$, on voit que le travail d'une pompe n° 1 est de $13 \times 5.4 = 70^{km}.2$ par seconde sans compter les frottements, et comme il faut toujours conserver au moteur un excès de force pour pouvoir produire au besoin un rendement exceptionnel, nous en avons conclu qu'il n'était pas prudent de mettre plus de quatre pompes n° 1 sur une locomobile de cinq chevaux ; mais on voit quel est l'écart que nous avions observé entre la puissance possible et la résistance ordinaire.

Une pompe Letestu n° 1 coûte 1 775 francs, y compris 25 francs pour frais de caisse et d'emballage, mais non compris les tuyaux d'aspiration. Ces tuyaux se composent pour chaque pompe :

1° D'un coude en cuivre de $0^m.16$ de diamètre coûtant 80 francs ;

2° D'un tuyau droit en tôle galvanisée de 3 mètres de longueur et $0^m.16$ de diamètre, coûtant 120 francs, y compris les rebords placés à chaque extrémité pour les raccords ;

3° D'un tuyau en cuir de 3 mètres de longueur et de

0m.16 de diamètre coûtant 270 francs, y compris également les garnitures pour raccord à chaque extrémité ;

4° D'une lanterne ou crépine de 0m.16 de diamètre coûtant 30 francs.

L'excès de puissance qu'une machine d'épuisements doit toujours avoir, fait que l'on se préoccupe peu, dans les conditions ordinaires, de la hauteur à laquelle l'eau doit être élevée, et, en effet, dans tous les marchés avec nos divers établissements, il n'a jamais été question de la profondeur de la fouille, mais seulement du débit par heure de travail effectif. Dès lors, il serait sans grand intérêt de chercher à se rendre compte du prix de revient par chaque kilogrammètre de travail réellement produit. Toutefois, les éléments qui précèdent permettront au besoin de faire ce calcul, il est plus utile d'indiquer les prix de nos marchés.

Les épuisements de la passe navigable des Vives-Eaux, fondée sur rocher à 3 mètres sous l'étiage, ont été confiés à M. Durieux dans les conditions suivantes :

La machine d'épuisements de M. Durieux se compose de huit pompes Letestu (16 corps de pompe) de 0m.30 de diamètre, chaque piston a 0m.28 de course et donne 16 à 18 coups de piston par minute; ces pompes sont conduites par une machine de la force de huit chevaux, le tout es monté sur un bateau. Tous les frais de transport d'installation, de conduite, de chauffage, d'entretien, etc., sont à la charge de M. Durieux. Les transmissions sont disposées de manière à pouvoir à volonté faire marcher cinq, six, sept ou huit pompes.

On a payé à M. Durieux par chaque heure de travail effectif, soit de jour, soit de nuit, tous frais compris :

	fr.
Pour huit pompes.	7.00
Pour sept pompes.	6.30
Pour six pompes.	5.70
Pour cinq pompes.	5.00

Digitized by Google

Il était d'ailleurs convenu que si l'on avait besoin accidentellement de dépasser le nombre de 16 à 18 évolutions par minute, on compenserait cet excès de travail, et en général la bonne exécution des épuisements par une gratification facultative à la fin des travaux. La machine n'était pas payée quand elle ne marchait pas.

Si nous cherchons maintenant à nous rendre compte du débit de la machine de M. Durieux, en supposant seulement un rendement moyen de 0.70 du volume engendré, nous voyons que ce rendement est :

	mètres cubes.		fr.
Pour huit pompes et par minute. .	3,768	payés	0.1167
Pour sept pompes et par minute. .	3.277	payés	0.1050
Ponr six pompes et par minute. . .	2.826	payés	0.0950
Pour cinq pompes et par minute. .	2.355	payés	0.08333

ce qui donne pour prix de revient par mètre cube :

	fr.
Pour huit pompes.	0.0268
Pour sept pompes.	0.0279
Pour six pompes.	0.0294
Pour cinq pompes.	0.0310

Si au lieu du coefficient de 0.70 on avait admis le rendement maximum de 0.80 du volume engendré, on aurait eu les résultats suivants :

	mètres cubes.		fr.
Pour huit pompes et par minute. .	4.506	payés	0.1167
Pour sept pompes et par minute. .	3.768	payés	0.1050
Pour six pompes et par minute. .	3.2297	payés	0.0950
Pour cinq pompes et par minute. .	2.6914	payés	0.0833

ce qui donne pour prix de revient par mètre cube :

	fr.
Pour huit pompes.	0.0310
Pour sept pompes.	0.0318
Pour six pompes.	0.0337
Pour cinq pompes.	0.0354

Digitized by Google

La hauteur maximum d'élévation a été de $4^m.70$ et de $3^m.30$ au minimum.

Pompes centrifuges de M. Belleville (à Paris, rue d'Orléans, Batignolles, n° 101). — Ces pompes centrifuges sont celles du système Gwyne, perfectionnées par MM. Mâlo et Belleville ; elles consistent en une petite turbine à axe de rotation horizontal aspirant l'eau par un tuyau vertical muni d'un clapet à sa partie inférieure. La turbine est placée sur le batardeau ; elle porte sur son axe une poulie de transmission de mouvement. La locomobile peut être aussi placée sur le batardeau ; elle est reliée à la pompe par une courroie qui s'enroule sur la poulie, la pompe s'amorce avant la mise en mouvement en versant par le dégorgeoir une quantité d'eau suffisante pour emplir le tuyau d'aspiration et la turbine.

Une pompe désignée A4 sur le prospectus de M. Belleville coûte 675 fr. en magasin ; les accessoires, c'est-à-dire le tuyau d'aspiration en fonte de $0^m.15$ de diamètre et de 5 mètres de longueur avec clapet et joints en caoutchouc, le tuyau d'évacuation, l'emballage, le transport et le montage ont coûté 321 francs, de sorte que la pompe complète prête à fonctionner est revenue à 996 francs ; cette pompe nous a suffi pour faire tous les épuisements des têtes de l'écluse et de la passe navigable du Coudray. Son débit a été mesuré à un moment où la différence de niveau entre l'eau de la fouille et le dégorgeoir était de 3 mètres, la poulie de la locomobile de $0^m.92$ de diamètre faisait 125 tours par minute, soit 2 tours $\frac{83}{1000}$ par seconde. La poulie de la turbine qui a $0^m.26$ de diamètre faisait donc par minute $125\,\frac{92}{26} = 442$ tours, soit 7 tours $\frac{37}{100}$ par seconde, il a été constaté que dans ces conditions la pompe débitait $3^{mc}.300$ par minute, soit 55 litres par seconde, tandis que nous avons vu que le débit d'une pompe Letestu n° 1

n'est que de 13 litres par seconde au maximum. Au moment de l'expérience le travail produit était de $55 \times 3 =$ 2 chevaux $\frac{2}{10}$, et comme les frottements sont insignifiants dans une pompe centrifuge, on voit que si la hauteur de 3 mètres d'élévation n'avait pas été dépassée, une locomobile de cinq chevaux aurait pu conduire deux pompes centrifuges; mais comme cette hauteur pouvait dépasser 5 mètres, nous n'avons mis qu'une seule pompe par locomobile. Nous devons ajouter que dans l'expérience qui vient d'être rapportée notre locomobile travaillait dans de mauvaises conditions, car elle est établie pour qu'en marche normale son volant fît 90 tours par minute, tandis qu'il en faisait 125.

Il est presque inutile de faire ressortir les avantages des pompes centrifuges comparées aux pompes Letestu, ainsi une pompe centrifuge coûte environ moitié d'une pompe Letestu n° 1 et débite plus de quatre fois plus, elle ne produit que peu de frottement, son entretien est à peu près nul, son mouvement est transmis par une simple courroie, enfin elle est beaucoup moins encombrante et plus maniable que les pompes Letestu. Toutefois il faut observer que l'extrémité inférieure du tuyau d'aspiration doit toujours plonger dans l'eau et que les joints doivent être parfaitement serrés, car la moindre introduction d'air désamorcerait la pompe, tandis que les pompes Letestu ont l'avantage d'aspirer l'eau même quand elle est mélangée d'air.

Pompes Farcot. — On trouve la description des pompes Farcot dans le n° d'avril 1862, page 636, des annales du conservatoire impérial des Arts-et-Métiers, nous pouvons donc nous dispenser de reproduire cette description.

MM. Farcot, constructeurs à Port-St-Ouen, (près Paris) ont livré au commerce deux modèles de leurs pompes destinées spécialement aux épuisements, le grand modèle n'a pas été jaugé par nous mais il est annoncé comme débitant $8^{m}.333$

Digitized by

par minute. Nous avons loué à M. Garnuchot une pompe de ce calibre, montée sur bateau et conduite par une locomobile de 12 chevaux; la marche de la machine devait être réglée suivant une vitesse maximum de 120 évolutions par minute, l'heure de travail effectif était payée $9^f.00$ tant de jour que de nuit; tous les frais d'entretien, de conduite, de chauffage, de transport sur les lieux étaient à la charge de M. Garnuchot; l'administration n'avait à supporter que les frais de rigoles, puisards et déplacements de crépine nécessités par les épuisements.

Si on compare ce marché avec celui contracté avec M. Durieux pour sa machine à huit pompes Letestu, et mentionné précédemment on voit que d'une part la machine Durieux produisant $3^{mc}.758$ par minute était payée 7 francs l'heure tandis que la machine Farcot produisant $8^{mc}.333$ par minute était payée 9 francs l'heure, toutes les autres conditions étant égales. Dans le premier marché le mètre cube revenait à $0^f.0310$ et dans les conditions les plus favorables à $0^f.0268$, tandis que dans le second il ne revenait qu'à $0^f.018$. Ce dernier est donc bien plus avantageux. MM. Batier et Capville possèdent également une pompe Farcot, grand modèle montée sur bateau avec sa locomobile et que nous avons louée à raison de 10 francs l'heure de travail effectif (*).

Enfin nous avons acheté pour le compte de l'administration une pompe Farcot petit modèle, le diamètre d'un pis-est de $0^m.450$.

La course de $0^m.150$.

Le volume engendré par tour et par les deux pistons 48 litres.

Le volume engendré par minute avec une vitesse de 70 tours est de $3^{mc}.024$.

(*) Par suite de la concurrence, ce prix de location paraît s'abaisser aujourd'hui à 7 francs l'heure dans Paris.

Et le prix de revient du mètre cube d'eau a été de 0f.055.

Cette pompe était mue par une locomobile de la force de cinq chevaux.

La pompe petit modèle a coûté 5 500 francs prise à l'usine. La fourniture correspondant à cette somme comprend :

1° La pompe proprement dite avec des pattes en fonte pour la fixer sur une semelle en charpente.

2° Deux tuyaux en tôle de 0m.21 de diamètre et de 2m.50 ongueur chaque:

Un tuyau en tôle de 0m.21 de diamètre et de 2m.50 de longueur.

Deux tuyaux en tôle de 0m.21 de diamètre et de 1 mètre de longueur.

Deux tuyaux en cuir de 0m.21 de diamètre et de 3 mètres de longueur;

Une lanterne en tôle percée de trous.

Nous avons fait ajouter un réservoir d'air d'aspiration, coûtant 200 francs.

La transmission de mouvement est faite par une courroie double de 0m.15 de largeur.

Cette excellente machine a fait tous les épuisements du Port-à-l'Anglais et quelques autres; sa marche est régulière, ses réparations sont extrêmement rares : elles consistent à renouveler de temps en temps les ressorts en caoutchouc qui forment les charnières des clapets. C'est la meilleure pompe d'épuisement que nous connaissons, mais son prix est si élevé et son volume si considérable qu'on ne peut lui donner la préférence que dans des circonstances véritablement exceptionnelles comme celles où nous nous sommes trouvés pendant la construction des barrages de la haute Seine.

Parties mobiles des passes navigables. — Pour suivre, comme nous l'avons fait jusqu'à présent, l'ordre dans lequel les travaux ont été exécutés, nous avons maintenant à parler des parties mobiles dont la pose a lieu pendant

Digitized by Google

les épuisements; mais pour abréger nous ne donnerons ici que quelques renseignements qui ne se trouvent pas dans notre mémoire de novembre et décembre 1861 déjà cité.

La pose des parties mobiles d'une passe navigable ne peut guère être commencée que quand toutes les maçonneries du radier sont terminées, sauf l'emplacement du puisard des pompes; on doit faire en sorte que toute la passe soit maintenue à sec pendant cette pose pour que celle-ci soit faite avec une exactitude mathématique. La pose des parties mobiles de la passe navigable du Port-à-l'Anglais a été faite en dix jours, mais en général la pose des autres passes a demandé de vingt à trente jours, suivant le nombre des ouvriers employés.

L'avant-métré des projets ne pouvait indiquer qu'approximativement le poids des différentes parties métalliques, poids qu'on avait obtenu en multipliant le volume géométrique par la densité supposée. Nous donnons ci-dessous les poids réels constatés lors des réceptions successives.

Relevé du poids moyen de chacune des diverses parties métalliques qui entrent dans un barrage mobile.

		PASSE navigable.	DÉVERSOIR.
		kilog.	kilog.
Fer.	Un chevalet.	121.20	63.30
	Un arc-boutant.	147.00	35.25
	Un collier supérieur de chevalet.	15.00	10.35
	Une poignée de culasse.	5.30	»
	Une brise de volée.	2.40	2.70
	Une brise de culasse.	11.05	19.75
	Une équerre de culasse.	7.95	5.85
	Un guide double de barre à talons.	43.00	»
	Un mètre courant de barre à talons (poids moyen).	18.90	»
Fonte.	Une crapaudine inférieure de chevalet.	43.00	10 50 fer.
	Un contre-poids de culasse.	32.60	67.70 fonte.
	Un contre-poids mobile.	»	31.75 id.
	Un patin pour galet de barre à talons.	14.00	»
	Un heurtoir.	87.20	27.90 id.
	Une glissière.	85.60	»
	Un galet de barre à talons (bronze).	2.50	»

Digitized by Google

L'analyse des prix prévoyait un prix de 1f.05 par kilog. de fer pour chevalets, arcs-boutants, barres à talons, colliers, etc., et un second prix de 2f.20 par kilog. de fer tourné et alésé; mais chaque pièce avait des parties simplement forgées et d'autres tournées et alésées : la proportion prévue au détail estimatif entre les fers forgés et tournés n'étant qu'une approximation, l'application des prix aurait pu faire naître des discussions si nous ne les avions évitées par une appréciation amiable faite de concert avec l'entrepreneur pour fixer cette proportion.

La même difficulté s'est présentée pour les pièces de fonte; les parties brutes devaient être comptées à raison de 0f.55 le kilog., tandis que les parties burinées étaient comptées à 0f.75.

Le tableau page 401 donne pour chaque pièce la proportion du poids total considérée comme alésée pour le fer et comme burinée pour la fonte. Ce tableau pourra être utilement consulté pour l'exécution de travaux analogues à ceux de la haute Seine.

Résistance à l'arrachement après la pose.— Après la pose des parties mobiles et avant la démolition des batardeaux (s'il s'agit d'une passe navigable), il est bon de faire quelques épreuves pour constater la résistance à l'arrachement du seuil et des chevalets. Cette épreuve se fait très-simplement, en se servant de chaque arc-boutant comme d'un levier que l'on place horizontalement. On lui donne un point d'appui à une petite distance de son boulon d'attache au chevalet, et l'on met un poids convenable vers l'autre extrémité. Dans nos essais sur les chevalets des passes, le point d'appui se trouvait à 0m.30 de l'axe du boulon de tête; le poids d'épreuve était de 350 kilog. et se trouvait à 1m.70 du point d'appui. Enfin l'arc-boutant, pesant 148 kilog., avait son centre de gravité à 1m.54 du boulon de tête, c'est-à-dire à 1m.24 du point d'appui. La traction verticale exercée

Digitized by

Tableau des proportions d'alésage admises pour les parties mobiles des barrages de la haute Seine.

DÉSIGNATION DES PIÈCES.	POIDS PROPORTIONNEL des parties alésées.	OBSERVATIONS.
Fers de la passe navigable.		
Colliers de chevalets.	80 p. 100 du poids total de la pièce.	Le surplus à 1f.05
Grand arbre du treuil et ses deux colliers.		Id.
Collier du treuil du petit arbre.	50 — Id.	Id.
Petit arbre du treuil.	100 — Id.	Id.
Col de cygne et pivots des galets du treuil.	100 —	
Pignon et crémaillère de barre à talons et guide de la crémaillère.	100 —	
Petites portes pour l'ouverture de passage d'une barre à talons.	100 —	
Boulon de la tête d'un chevalet.	100 —	
Chevalet (sans son boulon)	40 —	Id.
Arc-boutant de hausse.	20 —	Id.
Boulons verticaux des crapaudines sur le seuil (tête tournée).	15 —	
Tire-fonds horizontaux des crapaudines sur le seuil (vis à tête tournée).	100 —	
Tire-fonds des guides de barres à talons (vis à têtes tournées)	100 —	
Vis à tête fraisée des crampons et des têtes de seuil.	0f.25 la pièce.	
Tire-fonds à têtes carrées des supports des galets.	100 p. 100	
Guides de barres à talons.	15 —	
Poignée de hausse.	70 —	
Barre à talons (y compris assemblages prisonniers et prolongement intérieur).	20 —	
Clef en S pour manivelle.	50 —	
Fonte de la passe navigable.		
Grande roue de treuil.	50 —	
Crapaudine des arbres.	100 —	
Pignon supérieur du treuil.	100 —	
Supports des galets.	20 —	
Fers du déversoir.		
Colliers supérieurs de chevalets.	80 p. 100 du poids total.	Id.
Boulon de la tête d'un chevalet.	100 —	
Chevalet.	48 —	
Arcs-boutants.	30 —	Id.
Collier inférieur de chevalet.	25 —	Id.
Tire fonds à tête carrée des colliers inférieurs de chevalets.	100 —	
Équerres pour fixer le petit seuil.	10 —	Id.
Vis des équerres ci-dessus.	0f.25 la pièce.	
Tire-fond horizontal de ces équerres et grand tire-fond du petit seuil.	60 p. 100	Id.
Boulon de contre-poids mobile.	15 p. 100 du poids total.	Id.
Rails des contre-poids mobiles.	0f.0	
Brides de culasse de hausse.	15 p. 100 Id.	Id.
Traverse fixant le boulon-guide sur la volée.	15 — Id.	Id.
Fonte pour déversoir.		
Contre-poids mobiles et fixes.	10 —	Le surplus à 0f.55
Heurtoirs.	10 —	Id
Fers divers.		
Tous les boulons désignés ci-dessus.	Comptés à 0f.90 le kilog	
Tringles des ancres du seuil.	Id. à 0f.80 Id.	

Digitized by Google

sur un chevalet était donc égale à $\frac{350 \times 1.7 + 148 \times 1.24}{0.3} =$ 2 595 kilog., laquelle dépasse de plus de 300 kilog. la force d'arrachement qui peut se produire dans les manœuvres des barrages.

Des épreuves analogues ont été faites pour constater la résistance à l'arrachement des chevalets des déversoirs; on s'est arrangé de manière à produire une traction verticale de 2 000 kilog. par chevalet, traction qui dépasse de 300 kilog. celle qui peut se produire en manœuvre. Nous avons pu nous assurer ainsi que la fixation des parties inférieures des chevalets de déversoirs sur le gros seuil présentait une résistance suffisante.

A cette occasion nous ferons remarquer que si, par suite de l'élévation des eaux, on a fait le moisage de l'enceinte d'un déversoir suivant le système décrit dans notre note déjà citée de juillet et août 1861, la résistance des broches barbelées qui seules relient les moises avec les pieux ne serait pas suffisante pour détruire la force d'arrachement, qui des chevalets se transmet aux traverses, et de celles-ci à la ligne d'amont des moises du coffrage. Nous avons dû consolider cette liaison au moyen d'étriers posés sur les moises et cloués latéralement sur les pieux. Le détail de la disposition adoptée est indiqué sur les *fig.* 10, 11, 12, Pl. 174; la pose des tiges verticales de ces étriers était faite au scaphandre avant le battage des palplanches.

Le système de construction des déversoirs a motivé une autre précaution applicable au cas de fondation sur rocher. On sait en effet que les hausses sont portées par le coffrage du déversoir et lui transmettent les tractions que la retenue leur fait subir. Si le coffrage se compose de pieux et palplanches profondément enfoncés dans le sol, les efforts tendant au renversement ou à l'arrachement sont naturellement détruits; mais il n'en est plus de même si le coffrage se compose d'un panneau simplement posé sur le rocher,

Digitized by Google

et qui n'offre guère de résistance. Pour y remédier, nous avons placé au niveau du rocher des moises horizontales reliant par leur base les montants du coffrage d'amont à ceux du coffrage d'aval, nous avons de plus placé au-dessus de ces moises des bracons intérieurs s'appuyant à l'amont contre la tête des montants du coffrage d'amont et à l'aval contre le pied des montants du coffrage d'aval; il en résulte à l'intérieur du coffrage une série de triangles qui s'opposent à toute déformation, et si l'on suppose ce coffrage rempli de béton, on comprend que les moises transversales inférieures s'opposent à tout soulèvement, puisque le poids du massif intérieur repose sur elles. Les détails de cette disposition sont représentés sur les *fig.* 3, 4, 7, 9, Pl. 174.

Recepages. — Les recepages sous l'eau ont été faits en partie au moyen de la scie oscillante décrite à la fin de notre note sur les moisages (*Annales*, numéro de juillet et août 1861). Il est utile de signaler un procédé que nous avons employé pour plusieurs enceintes et qui est extrêmement économique et expéditif, tout en procurant un plan de recepage exactement situé au niveau voulu. Voici en quoi consiste ce procédé : on enlève toute la partie extérieure des batardeaux et l'on ne laisse contre les palplanches à receper qu'un talus juste suffisant pour s'opposer pendant quelques heures au passage de l'eau; on met ensuite l'enceinte à sec. Une brigade de charpentiers munis de cognées viennent couper les palplanches au niveau des moises; mais pour que ces palplanches puissent encore supporter le petit reste de batardeau qui s'appuie contre elles, on arrête le recepage de chaque palplanche de manière à laisser intacte une épaisseur de 2 ou 3 centimètres. On laisse ensuite remonter l'eau dans l'enceinte, on achève l'enlèvement des batardeaux, soit à la pelle, soit à la drague, et lorsque les palplanches restent seules, il suffit d'un léger effort transversal pour briser l'épaisseur épargnée par la cognée; une

Digitized by Google

visite au scaphandre est faite ensuite pour s'assurer qu'il ne reste aucun éclat de bois à enlever.

Coffrages provisoires. — Dans ce qui précède, nous n'avons parlé que des fondations des ouvrages en maçonnerie. Il y aurait lieu de dire ici quelques mots des fondations des perrés et du noyau en glaise ou argile de la digue du Sas; mais ce que nous en avons dit au § 2 du présent chapitre est suffisant, l'exécution n'ayant présenté aucune circonstance particulière.

Scaphandre. — Ce serait aussi le lieu de parler de l'emploi du scaphandre, dont nous avons fait un si grand usage dans nos travaux; mais ce que nous avons à en dire nous a paru trop long pour entrer dans le corps de ce mémoire.

§ 8. DÉPENSES D'EXÉCUTION ET PRIX DE REVIENT.

Depuis longtemps l'amélioration de la navigation de la haute Seine a préoccupé les ingénieurs qui se sont succédé dans le service de la première section; mais ce n'est qu'en 1860 qu'il a été décidé qu'on y étagerait des barrages de manière à conserver un tirant d'eau minimum de 1m.60. Jusqu'alors on avait admis qu'on laisserait la Seine libre entre Montereau et Paris, et qu'on se contenterait d'y augmenter l'effet des éclusées qui, formées dans l'Yonne, entrent en Seine à Montereau et y produisent une petite crue artificielle, dont la durée est d'environ douze heures, et dont la hauteur maximum, qui est de 0m.50 à 0m.70 à Montereau, va en s'affaiblissant à mesure qu'on s'approche de Paris, où elle ne dépasse guère 0m.30.

Dans ce premier ordre d'idées de se borner à perfectionner les éclusées, un crédit de 7 millions fut accordé par la loi du 31 mai 1846.

Une partie de ces fonds, soit environ 5 millions, ont été employés à construire des ports, à défendre les rives, et à créer sur la petite Seine, entre Montereau et Nogent, des

Digitized by Google

éclusées analogues à celles de l'Yonne, et qui, combinées avec ces dernières, devaient augmenter la hauteur et la durée du flot.

Il fut même décidé, en 1859, que pour réagir plus complétement sur l'effort de l'éclusée, on construirait entre Paris et Montereau trois barrages mobiles, et à cet effet un décret en date du 17 décembre 1859 autorisait un prélèvement de 1 380 000 francs sur les crédits accordés par la loi de 1846.

Mais on reconnut bientôt que plus on voulait augmenter le volume et la hauteur des éclusées dans la Seine, plus il fallait en retenir les eaux, d'où résultait un rabais ou *affameur* qui entravait la remonte des bateaux. Le nouveau traité de commerce vint d'ailleurs rendre plus impérieux le besoin d'une navigation continue dans les deux sens ; c'est pourquoi le système de navigation intermittent fut abandonné en principe, et un décret du 28 juillet 1860 accorda 6 millions pour la construction de neuf nouveaux barrages, entre Paris et Montereau.

Vers la même époque, le système de touage sur chaîne noyée se substituait au halage par chevaux ; ainsi tout allait se transformer sur la haute Seine.

Les fonds accordés pour la construction des douze barrages étaient, comme nous venons de le dire :

	fr.
Allocation du décret du 17 décembre 1859 (Champagne, Melun et Évry), ci.	1 380 000.00
Allocation du décret du 28 juillet 1860 (pour les neuf autres barrages).	6 000 000.00
Total.	7 380 000.00

Les premières adjudications ne furent pas heureuses ; elles donnèrent lieu à des résiliations à la suite desquelles les projets furent de nouveau soumis à l'administration supérieure.

Digitized by Google

	fr.
Les dépenses totales autorisées se sont alors élevées à la somme de.	9 060 177.41
Et si on y ajoute les frais de personnel, les indemnités aux usines et autres frais divers, ci.	820 947.29
On arrive au total de.	9 881 124.70

Voici la répartition par barrage :

		fr.
Barrage de	Varennes.	657 677.44
—	la Madeleine.	628 161.51
—	Champagne.	737 850.78
—	Samois.	732 434.09
—	la Cave.	775 279.98
—	Melun.	723 645.78
—	les Vives-eaux.	723 004.88
—	la Citanguette.	798 897.70
—	Coudray.	767 500.63
—	Évry.	589 196.54
—	Ablon..	957 416.71
—	le Port-à-l'Anglais.	969 091.37
	Total.	9 060 177.41

Le chiffre de 723 645f.75 relatif au barrage de Melun comprend une somme de 45 595f.53 qui doit être employée à exhausser et à consolider l'ancien barrage à aiguilles servant de déversoir.

Les dépenses diverses occasionnées sont les suivantes :

	fr.
Frais de personnel jusqu'à la fin de 1865.	606 811.32
Indemnités aux usines, approximativement.	100 000.00
Dépenses diverses.	110 518.37
Échelles hydrométriques.	3 617.60
Total.	820 947.29

Il y a donc sur les prévisions un excédant de 9 881 124f.70 — 7 380 000 francs = 2 501 124f.70, c'est-à-dire une augmentation de 34 p. 100. Il est à remarquer toutefois que dans cette augmentation les frais de personnel entrent pour 606 811f.32, soit pour 8 p. 100, de telle sorte que

Digitized by Google

l'augmentation sur les travaux n'est en réalité que de 26 p. 100. Les frais de personnel n'ont été imputés sur les fonds des travaux que postérieurement aux estimations.

Nous avons indiqué dans le tableau suivant les prix de revient de chacune des principales parties des 12 barrages.

NOMS des barrages.	ÉCLUSES et portes.	PASSES navigables. — Parties fixes et parties mobiles.	DÉVERSOIRS. — Parties fixes et parties mobiles.	PILES et épaulements.	MAISONS éclusières et jardins.	Observations.
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	
Varennes.	324 100.00	115 200.00	68 500 00	21 000.00	14 700.00	(1)
La Madeleine. . . .	377 200.00	109 700.00	79 700.00	30 200.00	15 600.00	
Champagne.	353 500.00	176 600.90	114 000.00	23 000.00	13 800.00	
Samois.	342 800.00	173 800.00	63 500.00	78 400.00	16 000.00	
La Cave.	344 655.25	151 857.09	70 223.69	39 350.40	16 414.73	
Melun.	347 274.61	228 256.60	»	31 711.36	14 488.06	
Les Vives-Eaux. . .	332 855.34	187 372.67	79 398 52	44 271.31	12 736.30	
La Citanguette. . .	411 958.49	147 079.49	120 291.44	59 663.88	13 944.34	
Le Coudray.	401 877.80	161 240.77	129 628.19	50 570.89	14 119.72	
Evry.	268 534.61	122 367.14	74 871.95	22 526.91	11 797.29	
Ablon.	525 225.39	160 494.73	115 064.95	33 068.63	11 173.05	
Le Port-à-l'Anglais.	602 889.51	141 651.19	96 859.12	36 652.44	15 618.01	
Totaux.	4 632 871.00	1 875 619.68	1 012 140.86	470 415.85	170 391.50	
Moyennes. . . .	386 072.58	156 301.64	92 012.81	39 201.32	14 199.29	

(1) Voir pour la longueur des passes et des déversoirs la page 414.

Le prix moyen d'une écluse étant de 386 072f.58 et sa surface utile étant de $180 \times 12 = 2\,160^{mq}$, on en conclut que le mètre quarré revient à 178f.74.

Le prix moyen des quatre vantaux d'une écluse et des quatre ventelles des aqueducs de vidange des bajoyers a été de 22 910f.55.

Le tableau suivant donne le prix moyen par mètre courant des passes navigables et des déversoirs, tant pour les parties mobiles que pour les parties fixes.

Digitized by Google

NOMS des barrages.	PRIX PAR MÈTRE COURANT de passe navigable.			PRIX PAR MÈTRE COURANT de déversoir.		
	Parties fixes.	Parties mobiles.	Totaux.	Parties fixes.	Parties mobiles.	Totaux.
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
Varennes.	2 141.00	710.00	2 851.00	793.00	343.00	1 136.00
La Madeleine.	2 005.00	710.00	2 715.00	978.00	343.00	1 321.00
Champagne.	2 546.00	1 107.00	3 653.00	1 264.00	626.00	1 890.00
Samois.	2 605.50	724.00	3 329.50	713.00	340.00	1 053.00
La Cave.	1 913.50	919.24	2 832.74	750.07	443.73	1 193.80
Melun.	2 548.18	958.06	3 506.24	»	»	»
Les Vives-Eaux.	3 063.33	802.78	3 866.11	953.19	277.79	1 230.98
La Citanguette.	2 281.10	690.21	2 971.31	1 493.72	371.31	1 865.03
Le Coudray.	2 514.26	659.77	3 174.03	1 548.88	300.80	1 849.68
Evry.	1 730 64	682 91	2 413.55	575.03	493.04	1 068.07
Ablon.	2 124.75	809.33	2 934.08	1 189.34	452.10	1 641.44
Le Port-à-l'Anglais.	1 861.99	727.60	2 589.59	1 159.87	221.86	1 384.73
Totaux.	27 335.25	9 500.90	36 836.15	11 418.10	4 212 63	15 630.73
Moyennes.	2 277.94	791.74	3 069.68	1 038.01	382.97	1 420.98

Le tableau suivant indique pour les barrages de la haute Seine le partage entre les dépenses à l'entreprise et les dépenses en régie; non compris les frais de personnel et les dépenses diverses dont l'ingénieur en chef rend habituellement compte.

NOMS des barrages.	DÉPENSES à l'entreprise.	DÉPENSES en régie.	DÉPENSE totale.	RAPPORT entre la régie et le total.	Observations.
	fr.	fr.	fr.	fr.	
Varennes.	571 498.00	86 179.44	657 677.44	13.14 p. 100	
La Madeleine.	542 593.85	85 567.66	628 161.51	13.62 —	
Champagne.	400 089.70	337 781.08	737 870.78	45.78 —	(1)
Samois.	601 773.48	130 660.61	732 434.09	17.82 —	
La Cave.	635 392.13	139 887.85	775 279.98	17.84 —	
Melun.	354 400.07	369 245.71	723 645.78	51.02 —	
Les Vives-Eaux.	596 805.24	126 199.64	723 004.88	17.45 —	
La Citanguette.	664 651.32	134 246.38	798 897.70	16.80 —	
Le Coudray.	619 103.22	148 397.41	767 500.63	19.34 —	
Evry.	394 918.23	194 278.31	589 196.54	32.97 —	
Ablon.	784 528.31	172 888.40	957 416.71	18.06 —	(2)
Le Port-à-l'Anglais.	748 076.07	221 015.30	969 091.37	22.80 —	
Totaux.	6 913 829.62	2 146 347.79	9 060 177.41		
Moyennes.	576 152.47	178 862.31	755 014.78	23.90 p. 100	

(1) Une partie de l'entreprise a été faite en régie par suite de résiliation.
(2) Même observation pour le barrage d'Evry.

Digitized by Google

CHAPITRE II.

MANŒUVRES ET EXPÉRIENCES.

Le chapitre qui précède a été consacré à la description et à l'exécution des barrages, celui-ci rendra compte des résultats constatés après l'exécution.

§ 1er. REMOUS PRODUITS PAR LES BARRAGES.

Nous avons dit dans le premier chapitre que le remous produit par chaque barrage, en supposant sa retenue à 2m.40 au-dessus de l'étiage, devait donner un mouillage d'au moins 1m.60 sur les buscs de l'écluse supérieure, les nivellements faits à diverses reprises d'un barrage à un autre, avant et pendant la construction ne nous laissaient aucun doute à cet égard; mais il était intéressant de constater le mouillage produit réellement dans chaque bief.

Cette constatation a été faite en fermant les barrages successivement de manière à nuire le moins possible à la navigation montante et à celle amenée par les éclusées de l'Yonne et de la petite Seine.

Le conducteur chargé spécialement des nivellements se transportait sur un barrage fermé la veille, faisait ouvrir ou déboucher quelques ouvertures (les ventelles de l'écluse, les entre-deux des hausses) de manière à avoir un plan d'eau affleurant autant que possible le sommet des hausses du déversoir, c'est-à-dire à 2m.40 au-dessus de l'étiage, il notait la hauteur de l'eau puis partait pour le barrage supérieur où il notait également la hauteur de l'eau. Pendant ce temps un conducteur veillait au premier barrage pour y conserver le niveau observé et enfin divers agents répartis le long de la rive marquaient la hauteur de l'eau au moyen de piquets enfoncés au droit de quelques-uns des repères placés

Digitized by Google

lors du nivellement général de la Seine. On a pu se procurer ainsi les cotes exactes et simultanées de la surface de l'eau sur autant de points d'un bief que cela a été jugé utile et en particulier on a reconnu le mouillage existant réellement sur le busc de l'écluse supérieure. Le barrage n'était ouvert que lorsqu'on était parfaitement sûr que toutes les observations étaient faites et qu'il ne pouvait y avoir erreur. Nous avons réuni dans le tableau suivant le résultat de ces observations en ce qui concerne les mouillages sur les buscs des écluses (Pl. 174, *fig.* 1).

NOMS des barrages.	Cote du busc d'aval de l'écluse.	Cote du remous hydrostatique fictif du barrage inférieur.	Différence ou mouillage fictif prévu au projet.	Cote du remous réel au droit de l'écluse.	Différence ou mouillage réellement constaté.	Hauteur de l'eau sur l'étiage en rivière libre le jour de la constatation.	DATES des constatations.	Observations.
	mèt.	mèt	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.		
Cannes (sur l'Yonne)	45.857	47.59	1.733	47.763	1.906	0.50	15 janv. 1865	(1)
Varennes (Seine). . .	44.37	45.973	1.603	46.083	1.713	0.50	Id.	
La Madeleine.	42.729	44 301	1.572	44.759	2.030	0.64	26 nov. 1864	
Champagne.	41.105	42.660	1.555	42 955	1.850	0.52	21 déc. —	
Samois	39.030	40.575	1.545	41.225	2.195	1.00	27 nov. —	
La Cave.	37.005	38.707	1.702	38.865	1.860	0.28	27 oct. —	
Melun.	35.612	37 365	1.753	37.42	1.810	0.34	6 oct. —	
Les Vives-Eaux. . . .	34.265	35 910	1.645	35.985	1.720	0.30	7 nov. —	
La Citanguette. . . .	32.824	34.473	1.651	34.578	1.754	0.16	13 nov. —	
Le Coudray.	31.055	32.655	1.60	32.779	1.724	0.13	14 nov. —	
Evry	29 483	31.115	1.632	31.473	1.990	0.60	8 déc. —	
Ablon.	27.651	29.60	1.609	29.499	1.848	0.27	12 déc. —	
Le Port-à-l'Anglais.	25.252	»	»	»	»	»	»	(2)

(1) Les mouillages réels croissent avec le débit de la rivière. Ainsi celui de Samois est un maximum, tandis que celui du Coudray se rapproche du minimum.

(2) On n'a pas encore construit le barrage qui doit assurer le mouillage sur le busc de l'écluse du Port-à-l'Anglais. Le busc de l'écluse a été descendu à 1m 60 en contre-bas de l'étiage dans son emplacement. Étiage repère au zéro de l'échelle du Pont-de-la-Tournelle.

Il résulte du tableau qui précède qu'au moment où le débit de la Seine est le plus faible le mouillage produit par les barrages entre Paris et Montereau est au moins égal à

1ᵐ.70 en supposant que les retenues soient toutes à leur niveau normal, c'est-à-dire à 2ᵐ.40 au-dessus de l'étiage. Mais on se souvient que les hausses automobiles des déversoirs ne s'ouvrent que quand l'eau dépasse de 0ᵐ.10 ou 0ᵐ.15 ce niveau normal ; on peut donc considérer le mouillage réellement obtenu par les barrages actuels comme atteignant 1ᵐ.85 en temps de très-basses eaux et comme dépassant 2 mètres lorsque le débit de la rivière s'approche de celui qui correspond à une hauteur de 1 mètre au-dessus de l'étiage en rivière. Le mouillage minimum de 1ᵐ.85 en rivière où les bateaux peuvent glisser à l'aide du courant sur les sables et graviers correspond à un mouillage d'au moins 2 mètres dans les canaux parce qu'il faut retrancher de ce dernier au moins 0ᵐ.20 pour l'emplacement occupé par la vase et les herbes.

§ 2. INFLUENCE DES BARRAGES ÉCLUSÉS SUR LES DÉBORDEMENTS DE LA SEINE.

Une écluse de 202 mètres de longueur placée en lit de rivière, un seuil de passe navigable placé à 0ᵐ.60 sous l'étiage conventionnel, une pile de 3 mètres de largeur, enfin un seuil de déversoir s'élevant à 0ᵐ.50 au-dessus de l'étiage sont autant d'obstacles qui peuvent contribuer à avancer l'instant où la rivière déborde, si l'on n'a pas eu le soin de donner des largeurs suffisantes aux passes navigables et aux déversoirs.

En étudiant le projet de chaque barrage on a déterminé ces largeurs en calculant le gonflement produit par la présence du barrage au moment où une crue commence à submerger les bajoyers de l'écluse, et en arrivant par des essais successifs à n'avoir qu'un gonflement inférieur à 0ᵐ.10. Ce calcul a été fait de la manière suivante :

Soit H la hauteur de l'eau au-dessus de l'étiage à l'instant où l'on veut calculer le gonflement dans l'emplacement

Digitized by Google

du barrage. Soit S la section d'écoulement de la rivière avant l'exécution des travaux et V la vitesse moyenne correspondant à S et à H.

Soit V′ et S′ la vitesse moyenne correspondant au même débit après l'exécution du barrage, les hausses étant couchées et les portes de l'écluse ouvertes on a $V' = \frac{VS}{S'}$, la vitesse V′ étant ainsi calculée on peut admettre que la hauteur du gonflement sera exprimée par la différence des hauteurs dues aux vitesses V et V′, multipliée par un coefficient K auquel on donne généralement une valeur de 1.50. Le gonflement aura donc pour expression $1.50\left(\frac{V'^2 - V^2}{2 \cdot g}\right)$.

Les valeurs ainsi calculées pour chaque barrage au moment de leur submersion sont données dans le tableau qui va suivre.

Il était utile de contrôler ces prévisions par des observations faites après l'exécution des barrages, voici la marche suivie.

Les hauteurs d'eau mesurées chaque jour à la tête d'amont et à la tête d'aval de chaque écluse donnent la pente totale qui existe à la surface de l'eau entre les deux échelles, c'est-à-dire sur une longueur de 202 mètres on a supposé ensuite que la pente naturelle, c'est-à-dire celle qui existerait si le barrage n'était pas construit était égale à la pente accusée sur les profils levés dans le même emplacement pour l'étude des projets. Ces profils donnent donc la pente naturelle qui existerait entre les deux échelles précitées si le barrage n'existait pas et la différence entre cette pente et la première donne le gonflement produit par la présence du barrage; répétant les observations pour diverses hauteurs d'eau, on connait le gonflement correspondant à chacune de ces hauteurs.

Dans le tableau suivant nous avons mis en regard les gonflements calculés pour une hauteur d'eau de 3 mètres

Digitized by Google

au-dessus de l'étiage et ceux observés pour cette même hauteur et pour des hauteurs un peu plus fortes lorsque l'eau recouvre toutes les maçonneries.

On remarque, comme on devait s'y attendre, que les barrages d'Ablon et du Port-à-l'Anglais dont les passes navigables ont le seuil plus élevé que le fond de la rivière aux abords, produisent des gonflements assez forts lorsque les eaux sont peu élevées au-dessus de l'étiage, mais que leur gonflement devient à peu près le même que celui des autres barrages quand le niveau de l'eau s'approche du couronnement des maçonneries.

Digitized by Google

Tableau de la hauteur du gonflement produit par chacun des barrages lorsque la rivière est sur le point de déborder.

Numéros des barrages.	Désignation des barrages.		Rivière libre.			Rivière après l'exécution des barrages.		Hauteur calculée du gonflement	Hauteurs observées du gonflement produit			Hauteur des bajoyers au-dessus de l'étiage.	Observations.
			Section de l'écoulement.	Hauteur au-dessus de l'étiage.	Vitesse moyenne.	Section calculée.	Vitesse calculée.		avant la submersion des bajoyers.	au moment de la submersion.	après la submersion.		
1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		mèt.	mèt. q.	mèt.	mèt.	mèt. q.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	
1	Varennes.	Passe. . . . 40.40 Déversoir. 60.30	413.65	3.00	1.062	296.19	1.483	0 131	0.13	0.13	»	3.18	(1)
2	La Madeleine. . . .	Passe. . . . 40.40 Déversoir. 60.30	413.65	3.00	1.062	296.19	1.483	0.131	0.13	0 10	0.08	3 06	(2)
3	Champagne.	Passe. . . . 45 60 Déversoir. 60.30	406 83	3.00	1.49	314 91	1.934	0 128	0 13	0 07	»	3.20	(3)
4	Samois.	Passe. . . . 52.20 Déversoir. 60.30	696.93	3.50	1.036	467.65	1.54	0.102	0.17	0.20	0.20	3.05	(4)
5	La Cave.	Passe. . . . 45.60 Déversoir. 67.30	631.56	3.50	1.14	409.00	1.76	0 129	0 09	0.05	0.02	3.08	(5)
6	Melun.	Passe. . . . 65.10 Déversoir. 45.00	649.00	3 50	1.10	452.16	1.58	0 103	0 06	0.06	0 05	3.40	(6)
7	Les Vives-Eaux. .	Passe. . . . 49.50 Déversoir. 64.50	554.72	3.49	1 15	400.96	1 59	0 092	0.04	0.08	0.03	3.30	(7)
8	La Citanguette. . .	Passe. . . . 49.50 Déversoir. 64.50	573.20	3 66	1.15	429.20	1.53	0.078	0.065	0.085	0.05	3.32	(8)
9	Le Coudray.	Passe. . . . 50.80 Déversoir. 70.10	542.00	3.72	1.43	447.00	1.73	0.072	0.016	0.056	0.006	3.48	(9)
10	Évry.	Passe. . . . 50.80 Déversoir. 70.10	447.00	3 30	1.15	395.00	1.30	0.029	0 078	0 068	0.008	3.23	(10)
11	Ablon.	Passe. . . . 54.70 Déversoir. 70.10	524.00	3.00	1.15	372.15	1.61	0.097	0 228	0.048	»	3.41	(11)
12	Port-à-l'Anglais. .	Passe. . . . 54.70 Déversoir. 70.10	700 00	3.80	1.15	500.00	1.61	0.095	0.265	0 005	0.035	3.39	(12)

(1) Écluse ouverte ; l'eau n'a pas encore couvert les bajoyers complétement.
(2) Écluse ouverte ; submersion de $0^{m}.40$.
(3) Écluse ouverte ; a été submergée de $0^{m}.70$.
(4) Écluse fermée ; submersion de $0^{m}.30$.
(5) Écluse ouverte ; submersion de $0^{m}.33$.
(6) Écluse ouverte ; submersion de $0^{m}.25$.
(7) Écluse ouverte ; submersion de $0^{m}.05$.
(8) Écluse ouverte ; submersion de $0^{m}.13$.
(9) Écluse ouverte ; submersion de $0^{m}.08$.
(10) Écluse ouverte ; submersion de $0^{m}.28$.
(11) Écluse ouverte ; non submergée.
(12) Écluse ouverte ; crue de la Marne ; submersion de $0^{m}.42$.

N. B. Pour les six premiers barrages, les observations de la colonne n° 9 se rapportent à des hauteurs d'eau d'environ 3 mètres au-dessus de l'étiage, tandis que pour les six derniers les chiffres de cette colonne elles se rapportent à des hauteurs d'eau de 1 mètre au-dessus de l'étiage

Ainsi, l'expérience a démontré de la manière la plus complète que les ouvrages qui composent les barrages éclusés de la haute Seine ne nuisent en rien à l'écoulement régulier des crues ; c'est à peine si un léger pli à la surface de l'eau peut faire reconnaître la place qu'ils occupent quand ils sont submergés.

L'expérience de la submersion des écluses a encore démontré que l'écoulement des crues n'avait aucun effet nuisible à la solidité des ouvrages et à la régularité des chenaux de navigation, surtout si on a la précaution d'ouvrir à la fois toutes les portes des écluses avant l'arrivée de la crue; les chambres des portes restent seules plus ou moins ensablées, et il est facile de les nettoyer ; nous avons d'ailleurs expliqué dans notre mémoire sur la traction des bateaux (2e semestre, 1863) le procédé suivi pour ouvrir toutes les portes d'une écluse. L'ouverture des portes d'une écluse pour le passage d'une crue a principalement pour but de produire dans le sas un courant qui facilite l'entraînement des sables et graviers, mais sur la Seine cette ouverture a très-peu d'effet sur le niveau de l'eau à l'amont.

§ 3. TEMPS EMPLOYÉ POUR MONTER OU DESCENDRE UNE ÉCLUSE DE LA HAUTE-SEINE.

Nous avons annoncé dans les projets des barrages qu'on devait évaluer à vingt minutes le temps nécessaire pour faire monter ou descendre une écluse à un convoi composé de huit bateaux environ, et que ce temps se diviserait en deux parties à peu près égales : l'une employée à remplir ou à vider le sas, l'autre à y faire entrer ou à en faire sortir les bateaux.

Ces prévisions datent de 1860, et alors nous ne nous étions pas encore préoccupé de la chaîne de touage. Depuis cette époque, on a placé la chaîne de touage dans les écluses, ainsi que nous l'avons expliqué dans notre mémoire

de 1863 sur la traction des bateaux, et il faut un certain temps quand on ferme les portes pour amener la chaîne à la place qu'elle doit occuper entre les poteaux busqués.

C'est dans ces conditions nouvelles que s'opère depuis 1863 le passage des écluses, et c'est dans ces conditions que nous avons fait faire les constatations dont nous allons rendre compte.

Les observations pour constater le temps de passage aux douze écluses de la haute Seine ont été faites à presque toutes ces écluses; mais comme les passages sont plus nombreux et plus réguliers aux écluses de Champagne et de Melun, dont les barrages sont restés fermés plus longtemps, nous donnons ici les observations faites à ces deux écluses.

Vingt-huit expériences ont été faites sur un convoi de neuf bateaux montants conduits par un toueur à vapeur, l'ensemble a mis en moyenne 28′ 15″ pour remonter l'écluse avec une chute d'environ 1m. 10.

Treize expériences ont été faites sur des bateaux à vapeur ou toueurs descendant seuls l'écluse; le temps employé a été de 15′.

Enfin, on a fait trois expériences sur des toueurs descendant avec des bateaux. Le temps moyen a été de 27′45″.

Voici à peu près la décomposition de ces temps moyens :

1° Pour une montée qui a duré 28′ 15″.

Fermeture des portes d'aval.	4′
Remplissage du sas.	4′
Ouverture des portes d'amont.	3′
Temps perdu ou employé en manœuvre.	17′ 15″
Total.	28′ 15″

2° Pour la montée d'un toueur qui a duré 13′, la décomposition du temps est la suivante :

Digitized by Google

Fermeture des portes d'aval.	4'
Remplissage du sas.	5'
Ouverture des portes d'amont.	2'
Temps employé aux manœuvres ou perdu. . . .	2'
Total.	13'

4° Pour un toueur descendant avec des bateaux :

Fermeture des portes d'amont.	2'
Vidange du sas.	10'
Ouverture des portes d'aval.	2'
Temps perdu en manœuvre.	9'
Total.	23'

Dans toutes ces manœuvres, l'éclusier était secondé par son aide et par les mariniers.

On peut résumer comme il suit les conséquences à déduire de nos observations :

1° Quelle que soit la forme d'une écluse, on met à peu près autant de temps pour la monter que pour la descendre ;

2° Plus le sas de l'écluse est spacieux, plus le temps employé aux manœuvres des portes, des ventelles et des bateaux est considérable, et il est toujours plus grand que celui de la vidange du sas ;

3° Pour une écluse ayant $45^{m} \times 7^{m}.80 = 351$ mètres quarrés, le temps de passage est de 13 à 14', quel que soit le nombre des bateaux admis en même temps dans le sas ;

4° Pour une écluse ayant $180^{m} \times 12 = 2160$ mètres quarrés et ne contenant qu'un bateau, le temps du passage est de 13' lorsqu'il s'agit d'un toueur ou d'un bateau à vapeur, mais ce temps se double lorsque le toueur conduit quelques bateaux ;

5° Pour la même écluse contenant neuf bateaux et le toueur, c'est-à-dire tout ce que le sas peut contenir, le temps du passage est de 29'.

Conséquemment, pour les navigations importantes, les grandes écluses ont un avantage incontestable, puisqu'on ne met, pour faire passer neuf bateaux remorqués par un toueur, que le double du temps que l'on met pour faire passer un bateau dans une écluse ayant les dimensions adoptées sur les canaux.

§ 4. TEMPS EMPLOYÉ POUR RELEVER LES HAUSSES D'UN BARRAGE MOBILE ET HAUTEUR D'EAU SOUS LAQUELLE S'OPÈRE LE RELÈVEMENT.

Nous avons décrit dans notre mémoire de 1861 (*Annales* de novembre et décembre) les manœuvres pour redresser ou abattre les hausses des passes navigables; nous allons rendre compte des observations qui ont été faites à ce sujet.

1° *Relèvement des hausses d'une passe navigable.* — Le relèvement des hausses d'une passe navigable se fait toujours au moyen du bateau de manœuvre. La série des opérations à exécuter est exactement celle que nous avons décrite, soit qu'on se serve d'une gaffe, soit qu'on se serve de chaînes; mais en supposant que la première hausse à relever soit contiguë à la pile ou à un épaulement contre lequel on peut appuyer le bateau transversalement au courant (Pl. 175, *fig.* 1, 2, 3, 7).

Il est arrivé exceptionnellement qu'on a jugé à propos de commencer par le relèvement de hausses qui ne sont contiguës ni à la pile ni à l'épaulement; ainsi, au barrage de Melun, la fermeture de la passe commence par le relèvement des sept hausses voisines de l'écluse, afin d'éloigner de la digue de l'écluse le courant qui pourrait en affouiller le pied.

Pour relever ces sept hausses, on se sert du bateau de manœuvre accroché par l'arrière seulement aux organeaux de la tête d'amont de l'écluse, de telle sorte que la direction du bateau, d'abord presque perpendiculaire au bar-

rage pour les hausses voisines de la tête de l'écluse, devient de plus en plus oblique à mesure qu'il s'agit de relever une hausse plus éloignée de cette tête; elle atteint la plus grande obliquité quand on opère sur la septième hausse éloignée de $7^{m}.80$ de l'écluse. Cependant ces sept hausses se relèvent facilement en 25' au treuil simple et à la gaffe; c'est à raison de 3'30" par hausse.

Voici le résumé de cinquante-cinq observations faites sur le temps employé à relever un barrage.

		mèt.	mèt.	m. sec.
Barrage de Conflans. .	(hausses de	2.30	sur 1.10).	1 30 par hausse
Barrage de Beaulieu. .	(hausses de	2.40	sur 1.20).	2 13
Barrage de Varennes.	(hausses de	3.00	sur 1.20).	1 58
Barrage de Samois. .	(	id.	).	1 30
Barrage de Champagne	(	id.	).	2 00
Barrage de La Cave. .	(	id.	).	3 25
Barrage de Melun. . .	(	id.	).	2 26
Barrage du Coudray. .	(	id.	).	1 46
Barrage d'Evry. . . .	(	id.	).	2 11

D'où l'on déduit qu'il faut en moyenne 2' 10" pour relever une des hausses des barrages de la Seine, en tenant compte des accidents ordinaires qui peuvent se présenter.

Ces accidents sont généralement de deux espèces : des sables et graviers peuvent se trouver en amont du heurtoir et gêner la mise en place de l'arc-boutant, il faut alors, pendant que la hausse est encore tirée en bascule par le treuil du bateau et quand elle est arrivée à la fin de sa course, faire aller et venir l'arc-boutant de manière qu'en frottant contre le heurtoir il en chasse les corps étrangers qui peuvent s'y trouver. Cette manœuvre se fait avec une gaffe ou un croc que tient un homme monté sur le pont de service du bateau, le bruit que fait l'arc-boutant en frottant ou en tombant, et la direction qu'il prend indiquent quand il est bien en place. Une autre cause de retard est

quelquefois produite par les chaînes qui peuvent être mal placées ou se casser sous une forte chute, il faut alors dégager la chaîne ou faire manœuvrer avec la gaffe à crochet comme si la chaîne n'existait pas. Au reste, nous parlerons tout à l'heure plus en détail de ces chaînes qui présentent des avantages et des inconvénients.

Nous donnons ci-dessous l'indication des plus grandes chutes sous lesquelles les barrages ont été fermés ; on sait que ces chutes sont à peu près nulles quand on relève les premières hausses d'une passe mais qu'elles croissent à mesure que le débouché se réduit et qu'elles atteignent leur maximum quand on relève les dernières hausses, c'est à ces dernières que se rapportent les chutes suivantes :

NOMS des barrages.		CHUTE MAXIMUM au moment où on relève la dernière hausse.	NIVEAU DE L'EAU au-dessus du radier de la passe au moment où on relève la dernière hausse.
		mètres.	mètres.
Conflans	5 déc. 1861.	0.94	1.94
Varennes	27 déc. 1864.	1.00	1.90
Champagne	29 avril 1864.	1.13	1.45
Samois	3 janv. 1865.	1.00	»
La Cave	3 janv. 1865.	1.28	2.20
Melun	26 nov. 1864.	1.12	2.30
Evry	12 mars 1863.	1.21	1.67
Ablon	7 déc. 1864.	1.20	1.83

Si on remarque que le chevalet ne s'élève en totalité que de $1^m.47$ au-dessus du seuil on conclut du tableau qui précède que dans beaucoup de circonstances on a redressé des hausses alors que le tablier de manœuvre s'appuyait beaucoup au-dessus de l'axe de rotation des hausses déjà dressées, ainsi à Melun quand l'eau s'élevait à $2^m.30$ au-dessus du seuil de la passe le bateau flottait à $0^m.83$ au-dessus de l'axe de rotation on s'explique facilement comment cette manœuvre peut se faire sans danger, si on observe d'abord que lorsqu'on relève la deuxième hausse la

chute est considérable (elle était de $1^m.12$ dans l'espèce) que la culasse des hausses déjà dressées est fortement pressée et que la poussée du bateau ne suffisait pas pour les faire basculer; mais même, abstraction faite de cette chute, le mouvement de bascule ne peut pas se produire parce qu'on se souvient que le bateau de manœuvre s'appuie contre les hausses, non pas par son bord, mais par un tampon de $1^m.50$ de longueur qui plonge de $1^m.20$ à $1^m.30$ sous la surface de l'eau. Il en résulte qu'avec une hauteur de $2^m.30$ au-dessus du seuil le tampon descend encore à $1^m.20 - 0^m.83 = 0^m.37$ sous l'axe de rotation des hausses dressées, et qu'ainsi elles ne peuvent basculer.

Il serait possible de redresser des hausses par des hauteurs d'eau encore plus considérables, il suffirait évidemment, soit de faire les chevalets plus élevés, soit d'allonger encore le tampon d'appui de manière à le faire porter d'une longueur convenable sous l'axe de rotation.

Chaînes de traction des hausses de passes navigables.—Les chaînes des hausses des passes navigables se composent d'un bout de $5^m.60$ attaché à la poignée de la culasse et d'un autre bout de $0^m.50$ fixé par un tire-fond sur le chevêtre de la volée. Chaque chaîne de culasse s'accroche à la chaîne de la hausse voisine; la manœuvre se fait d'ailleurs comme nous l'avons expliqué dans notre mémoire de 1861.

Les chaînes de traction n'ont été employées dans l'origine au barrage de Conflans que pour relever les six ou sept dernières hausses, parce que le courant qui résulte de la chute d'eau qui se produit alors rend difficile la manœuvre qui consiste à saisir avec la gaffe à crochet la poignée de la hausse qui se trouve à fond d'eau. Ces chaînes rendirent dans cette circonstance de si bons services qu'on essaya d'en généraliser l'usage aux barrages de la haute Seine; mais ces essais ne furent pas satisfaisants, et l'on fut obligé d'en limiter, comme à Conflans, l'emploi aux dernières hausses à relever.

Les inconvénients qui furent constatés sont les suivants :

1° Lorsqu'une chaîne tombe sur la jonction de deux barres à talons, elle peut y pénétrer et s'engager sous l'une des barres d'où on ne la retire qu'en la brisant;

2° Les chaînes placées dans le chemin suivi par les embarcations à travers une passe navigable, sont souvent accrochées par le fond des bateaux ou des trains et brisées; si elles résistent, tout en restant accrochées à l'embarcation qui les entraînent, elles arrachent une partie de la charpente des hausses.

3° Lors de l'abbattage d'une passe, il faut que la partie inférieure de chaque chaîne tombe avant la partie supérieure, et pour cela, il faut que si le relèvement des hausses se fait de droite à gauche l'abattage se fasse de gauche à droite : de cette double condition à laquelle on ne peut pas toujours satisfaire quand la passe a une grande étendue, résulte que les chaînes glissent quelquefois sous la volée des hausses d'où on ne les retire qu'avec peine lorsqu'on relève le barrage.

Après ces divers essais nous sommes donc revenus prudemment aux premières dispositions adoptées au barrage de Conflans, c'est-à-dire que nous n'avons laissé des chaînes qu'aux dix ou douze hausses qui sont relevées des dernières.

Les chaînes de traction avaient dans le principe les calibres suivants : Porte-chaîne sur la volée : largeur intérieure d'une maille $0^m.021$, longueur intérieure d'une maille $0^m.046$, diamètre du fer $D = 0^m.011$.

Chaîne de culasse pour les deux premiers tiers environ des hausses : largeur intérieure d'une maille $0^m.052$, longueur intérieure d'une maille $0^m.052$, diamètre du fer $D = 0^m.012$. Chaîne de culasse pour les huit ou dix dernières hausses : longueur et largeur intérieure comme ci-dessus; diamètre du fer $D = 0^m.013$.

Ces dimensions avaient paru, *à priori*, bien suffisantes pour résister à l'effort maximum nécessaire pour redresser

Digitized by Google

les hausses; néanmoins pendant les manœuvres des 3 et 7 décembre 1864, au barrage d'Ablon, trois chaînes se sont brisées pendant le relèvement des dernières hausses de la passe navigable; le débit de la Seine correspondait alors à une hauteur de 0m.95 au-dessus de l'étiage en rivière libre, la hauteur de l'eau sur le seuil de la passe navigable était de 1m.83, et la chute de l'amont à l'aval des dernières hausses à relever était de 1m.20. Telles sont les circonstances pendant lesquelles ces chaînes se sont brisées. Il nous a été facile d'abord de nous rendre compte de la tension exercée sur la chaîne. En effet, quatre hommes agissaient sur le treuil du bateau de manœuvre, et l'on peut évaluer à 25 kilog. la force produite par chacun d'eux. La tension de la chaîne avait donc pour expression, d'après les dimensions des divers organes du treuil :

$$T = 1000 \times \frac{0.35 \times 0.30 \times 0.30}{0.135 \times 0.06 \times 0.06} = 100 \times 64.687 =$$

6 468.7 kilog., effort bien supérieur à celui que nous avions prévu.

Pour empêcher à l'avenir la rupture des chaînes, nous avons décidé que pour les dix dernières hausses d'une passe les maillons seraient en fer de 0m.015 de diamètre, avec étais, et nous en avons confié la fabrication à M. David (du Havre), qui nous les a livrées, rendues à Ablon, au prix de 105 francs les 100 kilog. Nous avons même, par excès de précaution, fait exécuter par M. David quelques chaînes en fer de 0m.020 de diamètre, que l'on pourrait employer dans les cas extrêmes. M. David a pour la fabrication des chaînes un procédé particulier qu'il serait trop long de détailler ici, mais qui donne toute sécurité sur la solidité de la soudure de chaque maillon.

Ainsi, en résumé, il ne faut mettre des chaînes qu'aux dix ou douze dernières hausses, et dans certains cas il est nécessaire de donner aux trois ou quatre dernières chaînes un diamètre de 0m.015 à 0m.020, suivant le débit de la ri-

Digitized by Google

vière et suivant la position du seuil du barrage par rapport au niveau général du fond.

§ 5. TEMPS EMPLOYÉ POUR ABATTRE LES HAUSSES DES PASSES NAVIGABLES, ET CHUTES SOUS LESQUELLES ELLES ONT ÉTÉ ABATTUES.

Les hausses des passes navigables s'abattent au moyen de barres à talons mues par un treuil et disposées comme nous l'avons expliqué dans notre mémoire de 1861. Ces barres sont composées de plusieurs bouts réunis à mi-fer avec des boulons à tête fraisée, assemblage qui a toujours parfaitement résisté.

Le temps nécessaire pour ouvrir une passe navigable est toujours très-court et sensiblement le même, quelle que soit la charge sur le barrage; l'expérience a d'ailleurs montré que les grandes barres abattant vingt-cinq hausses se manœuvraient aussi bien que celles qui en abattent un nombre moindre.

Voici le résumé des manœuvres faites au barrage de Melun dans la première quinzaine de juillet 1865 : les barres de la passe de Melun abattent chacune vingt-cinq hausses et ont chacune 33 mètres de longueur. La passe a 65m.10; mais on laisse debout cinq hausses contre l'écluse, pour protéger la digue du Sas; il reste donc à ouvrir une longueur de 58m.60.

	min.	sec.	
Le 4 juillet on a mis	7	00	pour ouvrir cette longueur.
Le 7 juillet.	5	00	id.
Le 11 juillet. . . .	5	00	id.
Le 14 juillet. . . .	4	00	id.
Soit en moyenne. .	5	15,	ce qui donne par mètre courant 5″ 25‴.

Les barrages de la haute Seine ont été ouverts sous des charges considérables que l'on obtenait en ne faisant pas de retenue dans le bief inférieur et en laissant l'eau déverser de 0m.10 ou 0m.15 sur la crête des hausses du barrage

manœuvré. Voici la hauteur des chutes maxima ainsi obtenues au moment de l'ouverture de chaque barrage :

	mètres.
de Varennes.	1.60
La Madeleine.	2.23
Champagne.	2.51
Samois.	2.09
La Cave.	1.57
Melun.	2.13
Les Vives-eaux.	2.45
La Citanguette.	2.75
Le Coudray.	2.26
Evry.	2.71
Ablon.	2.14
Port-à-l'Anglais.	2.36

Dans plusieurs autres manœuvres d'essai, les chutes au moment de l'ouverture différaient peu des maxima que nous venons d'indiquer.

On apprécie ordinairement la charge d'un barrage par la différence de niveau de l'amont à l'aval; mais il est bon de rappeler que la charge est une fonction de la différence des quarrés des hauteurs d'eau d'amont et d'aval, et qu'elle s'augmente encore d'un terme où la vitesse de l'eau entre également au quarré, et il peut en résulter que, pour une chute moindre, la charge soit néanmoins plus forte, suivant l'altitude des plans d'eau par rapport au seuil.

Ces manœuvres d'essai, faites à dessein sous des charges excessives, ont révélé plusieurs circonstances inattendues, dont nous avons tout d'abord trouvé difficilement la cause, mais auxquelles nous avons remédié facilement ensuite.

On constata dans ces manœuvres d'ouverture que les premières hausses s'abattaient facilement, c'est-à-dire sans avoir besoin de développer sur le treuil un effort considérable, mais qu'ensuite les quatrième, cinquième et sixième hausses devenaient plus difficiles, et qu'enfin les septième, huitième et neuvième présentaient tant de résistance, qu'il fallait toute la force de quatre hommes pour les abattre,

Digitized by Google

et même, au Port-à-l'Anglais, dans la manœuvre du 12 décembre 1864, ces quatre hommes n'ont réussi qu'à tordre l'arbre du treuil, sans pouvoir abattre les sept dernières hausses de la petite barre qui en commande vingt. La grande barre, au contraire, a été ouverte tout entière par deux hommes, et une heure après cette ouverture de la grande barre, lorsque la chute était notablement effacée, deux hommes ont pu abattre les sept hausses restées debout sur la petite barre, sans effort considérable et quoique l'arbre du treuil fût faussé.

L'obstacle rencontré ne pouvait venir de la charge du barrage, puisque les premières hausses de la petite barre étaient facilement tombées, ainsi que toutes celles de la grande barre; il ne pouvait non plus être attribué à la présence d'un corps étranger, puisqu'après l'ouverture de la grande barre l'abattage des sept dernières hausses de la petite était devenu facile, et puisqu'aussi la même résistance anormale, mais moins considérable, avait été constatée à d'autres barrages. Enfin nous avons compris que cette résistance était produite par la pression que la chute exerce en tombant sur les hausses déjà abattues; celles-ci fléchissent un peu et viennent porter sur la barre à talons qui se trouve ainsi serrée sur ses guides et ne peut plus avancer; à mesure que la chute s'efface, les hausses couchées reprennent leur forme primitive, et la barre redevient libre. L'inspection des hausses a confirmé cette explication en montrant les traces imprimées par la barre à talons, soit sur les montants, soit sous la crosse de l'arc-boutant. Enfin le même obstacle ne s'est pas présenté sur la grande barre, parce que les premières hausses qu'elle abat tombent sur son extrémité libre, tandis que le contraire a lieu pour la petite barre, qui abat les hausses en partant de l'écluse; il est probable que si cette petite barre ouvrait par le milieu de la passe comme la grande, l'obstacle ne se serait pas présenté.

Pour remédier à l'inconvénient que nous venons de signaler, inconvénient qui d'ailleurs ne se représenterait pas si tous les barrages fonctionnaient simultanément, parce qu'alors il y aurait toujours à l'aval de chaque hausse un matelas d'eau d'épaisseur suffisante, on peut buriner la crosse de l'arc-boutant et enlever un peu de bois sur les montants de chaque hausse aux points qui ont porté sur la barre; mais pour ne pas affaiblir les montants des hausses, nous avons préféré augmenter l'épaisseur de leurs colliers. Or, comme les hausses couchées reposent sur le radier, par l'intermédiaire de ces colliers on relève ainsi la position de chaque hausse couchée, et l'on obtient sous elles un espace suffisant pour le jeu de la barre à talons, même quand sous une forte chute les hausses couchées prennent une certaine courbure. Cette surépaisseur a été obtenue par l'addition d'une bride en fer de $0^{m}.02$ d'épaisseur, passant sous les têtes des boulons des colliers; chaque bride pèse $5^{k}.345$; la dépense de fourniture et de pose a été de $7^{f}.54$ par hausse.

Il pourrait arriver qu'on fût obligé d'avoir recours à cet expédient pour des barrages s'abattant très-bien au moment de leur construction, mais qui seraient devenus difficiles quelque temps après. En effet, la pierre du radier sur laquelle reposent les colliers des hausses couchées peut s'entamer ou s'user au droit de ces colliers et la chambre de la barre à talons sous les hausses, devenir trop étroite.

Nous donnerons dans le chapitre suivant la description des indicateurs qui font connaître à l'éclusier la position de la barre à talons à un instant quelconque. Ces indicateurs facilitent beaucoup la recherche des obstacles qui peuvent se présenter dans les manœuvres.

Nous avons déjà dit que quand un barrage a été couché pendant quelque temps, les hausses et leur radier sont souvent recouverts de sable et de gravier que l'on fait disparaître par des manœuvres préparatoires qui ne diffèrent

Digitized by Google

des autres qu'en ce qu'elles exigent plus de temps et qu'on les répète successivement jusqu'à ce que le courant ait enlevé tous les dépôts.

Il peut arriver, pendant ce nettoyage ou après, que du gravier accumulé en tête d'un heurtoir empêche un arc-boutant de tomber jusque sur sa semelle; le même effet peut se produire si le coin qui maintient les crapaudines du chevalet est trop épais. Dans ce cas l'arc-boutant resté en chemin n'est plus rencontré par la barre à talons, et il faut avoir recours à un autre procédé pour abattre la hausse.

Cet abattage se fait au moyen de la lance, l'éclusier s'en sert comme d'un levier, il attend d'abord que la cataracte provenant de l'ouverture du barrage soit un peu effacée, puis il s'avance dans un batelet en aval de la hausse restée debout, l'un des aides s'y accroche, l'autre maintient avec une gaffe le batelet dans la direction du courant le long de la hausse, l'éclusier pousse avec la lance l'arc-boutant vers la glissière et le courant suffit alors pour coucher la hausse il faut sept minutes environ pour abattre ainsi une hausse, isolée. S'il s'agit d'abattre par le même procédé plusieurs hausses contiguës l'opération est plus facile et plus rapide parce que les hausses encore debout servent d'écran et de point d'attache au batelet. Au reste l'abattage à la lance ne se fait que par exception ainsi que nous l'avons dit précédemment.

§ 6. RELÈVEMENT DES HAUSSES DES DÉVERSOIRS.

Le relèvement et le redressement des hausses de déversoirs se font dans des circonstances que nous allons examiner successivement.

Relèvement d'une hausse couchée. — Lorsqu'il s'agit de relever des hausses de déversoirs couchées sur le radier, on opère exactement comme s'il s'agissait de relever des haus-

Digitized by Google

ses de passe navigable avec la gaffe; il est donc inutile d'entrer dans de nouveaux détails à ce sujet, de même que pour la passe il est bon de s'assurer avec la lance que chaque arc-boutant est bien en place au pied du front de son heurtoir.

Dès que le relèvement est fait, l'éclusier passe à l'aval avec son batelet et ferme l'entrée de chaque glissière au moyen d'un coin de bois, de telle sorte que l'arc-boutant ne puisse plus s'échapper quand même pendant les mouvements de bascule de la hausse il s'écarterait latéralement du front du heurtoir.

Nous sommes portés à croire que généralement il y aurait avantage à supprimer les glissières et par conséquent les coins et qu'il suffirait de faire de simples heurtoirs avec deux oreilles à l'amont et au plan incliné à l'aval. Nous reviendrons sur ce point en parlant de l'abattage des hausses de déversoir.

Mise en bascule de hausses dressées. — Il faut distinguer deux cas, suivant que la passe est ouverte ou fermée.

Si la passe est ouverte, comme cela arrive par exemple quand on vient de faire une lâchure du barrage, on peut se servir du bateau de manœuvre placé à l'amont des hausses dressées, saisir avec la gaffe la culasse de chaque hausse et manœuvrer le treuil jusqu'à ce que la hausse soit en bascule, pour que cette manœuvre se fasse bien il est nécessaire d'avoir au pied de chaque culasse de hausse un anneau ou une boucle dans laquelle s'engage la gaffe, cet anneau n'existait pas dans nos dessins primitifs, nous l'avons fait ajouter après exécution Pl. 175, *fig.* 9, 13. Dans la même hypothèse de la passe ouverte comme il y a peu de chute on peut encore mettre les hausses en bascules en les tirant à l'aval par la volée, l'éclusier est alors dans un batelet sur le radier du déversoir.

Si, la passe étant fermée, on veut mettre en bascule certaines hausses du déversoir, il faut distinguer différents cas; on sait, en effet, que l'axe de suspension des hausses

Digitized by Google

du déversoir est vers le tiers de leur hauteur, et qu'elles se mettent en bascule spontanément quand l'eau déverse de $0^m.12$ à $0^m.15$ sur leur sommet; par conséquent, l'effort nécessaire pour mettre une hausse en bascule est faible quand le niveau de la retenue déverse déjà par-dessus les hausses, et il augmente à mesure que ce niveau s'abaisse au-dessous de la crête des hausses. Si, pour exercer cet effort, on veut se servir du bateau de manœuvre appuyé, comme pour le relèvement, contre les hausses voisines, il faut que celles-ci ne puissent basculer; or si l'on suppose, par exemple, le niveau de retenue à $0^m.30$ en contre-bas de la crête des hausses, on voit que le tampon du bateau de manœuvre, en plongeant de $1^m.20$ sous le niveau de l'eau, comme nous l'avons déjà dit, aura son extrémité inférieure à $0^m.21$ sous l'axe de rotation des hausses; en outre, avec uue retenue à $0^m.30$ sous la crête des hausses, la pression sur la culasse est considérable; pour ces deux raisons, on peut alors se servir sans danger du bateau de manœuvre pour mettre les hausses en bascule; mais si le niveau de la retenue est plus élevé que $0^m.30$, en contre-bas de la crête des hausses, il ne serait plus prudent d'appuyer le bateau de manœuvre contre celle-ci; il faudrait alors avoir en amont du déversoir une file de pieux auxquels on puisse solidement amarrer le bateau de manœuvre pendant la mise des hausses en bascule. Nous n'avons pas encore mis en usage ce dernier procédé, parce qu'il ne s'est présenté aucun cas où on ait eu besoin de mettre des hausses en bascule quand le niveau de la retenue est si voisin de celui qui produit le déversement spontané. Cet examen est d'ailleurs la conséquence d'une objection qui nous avait été faite et qui consistait à demander comment on opérerait si, à l'arrivée d'une crue ou d'une éclusée, les deux barres à talons de la passe navigable venaient à se briser ou à être hors de service. Notre réponse est qu'alors l'eau monterait jusqu'à produire le basculement spontané de tout le

déversoir, que ce basculement spontané effacerait suffisamment la chute pour qu'on puisse abattre ensuite avec la lance les hausses de la passe. En résumé, dans ces conditions, la mise en bascule non spontanée des hausses de déversoir nous paraît être une manœuvre sans utilité; elle peut être d'ailleurs remplacée par l'abattage total des hausses au moyen d'une barre à talons, ainsi que nous l'expliquerons plus loin (*).

Redressement de hausses en bascule. — On sait que pendant la manœuvre de fermeture de la passe navigable, le déversoir est en bascule pour donner un écoulement à la rivière; il faut donc, après la fermeture de la passe, venir redresser les hausses du déversoir; à cet effet, l'éclusier, monté sur la pile, pèse avec une gaffe sur la culasse de la hausse la plus voisine et la redresse, puis il monte sur deux consoles en bois ou en fer adaptées au dos de cette hausse, et avec son pied pèse sur la culasse de la hausse voisine et la redresse; il passe ensuite sur les consoles de celle-ci et continue à redresser ainsi de proche en proche jusqu'à la rive. Ce redressement au pied se fait sans le moindre danger, même quand l'eau passe d'environ 0^{m}.10 au-dessus de l'axe de rotation (cet axe se trouve à 1^{m}.29 sous la retenue normale fixée à 2^{m}.40 sur l'étiage). Lorsque l'eau est, dès le commencement, assez élevée pour que l'éclusier craigne de ne pouvoir achever seul la fermeture du déversoir, en manœuvrant avec le pied, il s'adjoint un aide qui commence l'opération du côté de l'épaulement, en même temps qu'il la fait du côté de la pile; ils marchent ainsi à la rencontre l'un de l'autre, ils emploient moitié moins de temps et l'opération est terminée avant que l'eau ait pu beaucoup

(*) L'établissement d'une passerelle portée par des fermettes en amont des hausses du déversoir, passerelle sur laquelle roulerait un treuil de manœuvre semblable à celui des passes de la Marne, écarterait toute difficulté et toute objection, moyennant une faible augmentation de dépense (note de M. de Lagrené).

monter; mais quand l'eau est trop élevée, il faut avoir recours au bateau de manœuvre, parce qu'alors le courant qui frappe sous la culasse d'une hausse en bascule produit une résistance que l'éclusier ne peut plus surmonter en se servant de son pied.

Dans ce cas, on place le bateau comme pour faire la manœuvre de relèvement déjà décrite, on attire avec la gaffe sur la culasse le contre-poids mobile qui est sur la volée, puis, avec le treuil du bateau, on tire sur la volée en même temps qu'on pèse sur la culasse. Cette manœuvre dure environ 2 minutes par hausse, tandis que le redressement avec le pied se fait en 4 minutes pour une passe de 70 mètres de longueur, soit 3 secondes et demie pour chaque hausse. On peut encore se servir pour redresser les hausses en bascule, lorsque l'eau est élevée, de l'écran de M. Garceau, dont nous donnons plus loin la description en faisant connaître la manière de s'en servir.

§ 7. ABATTAGE DES HAUSSES DE DÉVERSOIR.

Les hausses des déversoirs sont rarement couchées d'une manière complète sur le radier; elles pourraient rester oscillantes sur leur axe pendant l'année entière sans qu'il en résulte d'obstacles sérieux pour l'écoulement. Cependant, à l'approche d'une crue, il est préférable de les coucher, surtout si la rivière charrie des joncs qui, en s'arrêtant contre les chevalets dressés, réduiraient notablement la section d'écoulemeut, et qu'il faudrait toujours enlever plus tard; il est nécessaire aussi de coucher les hausses quand la rivière charrie des glaces.

On avait admis dans les projets primitifs que les déversoirs seraient munis de barres à talons comme les passes navigables; mais, en premier lieu, ces barres et les coins mis dans les glissières vont mal ensemble, dès que ces coins font la moindre saillie au delà du pied du heurtoir; en

second lieu, des barres à talons ne peuvent abattre des hausses de déversoir que si ces hausses, dont la culasse est très-pesante, sont fortement poussées par l'eau d'amont. En outre, il arrive souvent que la lame d'eau recouvrant le radier à l'aval des hausses n'a pas une épaisseur suffisante pour amortir leur chute, de sorte qu'en réalité les barres à talons ne pourraient presque jamais être employées. Enfin, il était à craindre que quand les radiers des déversoirs sont à sec ou recouverts d'une faible épaisseur d'eau, on vint par malveillance enlever les galets des barres, fausser les guides ou détacher les boulons qui relient les diverses parties.

Ces diverses considérations firent ajourner l'emploi des barres à talons pour les déversoirs et rechercher un moyen simple d'abattre les hausses, on a adopté le procédé suivant :

Quand il s'agit d'abattre les hausses du déversoir, la rivière commence une crue et l'eau est environ à 2 mètres au-dessus de l'étiage; les hausses du déversoir flottent presque horizontalement dans l'eau et la chute est presque effacée; l'éclusier s'approche avec un batelet à l'aval, il redresse deux ou trois hausses; puis, s'il veut abattre la première de celles qu'il vient de redresser, il s'accroche à la seconde avec un croc, saisit avec un autre croc l'arc-boutant de la première en même temps que, à un signal donné, les aides poussent le nez du batelet contre le bord de cette hausse; le choc lui fait éprouver un mouvement de recul qui éloigne du heurtoir le pied de l'arc-boutant, l'éclusier le soulève alors avec son croc et le dirige dans la glissière, la hausse pressée par le courant, et au besoin tirée par les aides de l'éclusier, s'incline peu à peu et se couche à côté du batelet qui s'est abrité derrière la seconde hausse. L'éclusier redresse alors la quatrième hausse qui est flottante et abat la seconde comme la première et ainsi de suite.

Par ce procédé, l'éclusier et deux aides abattent une

hausse en 3 ou 4 minutes. Nous avons dit que les barres à talons ne pouvaient être appliquées aux déversoirs que dans le cas où les coins des glissières ne feraient aucune saillie au delà du heurtoir. Quoique nous ne soyons pas partisans des barres à talons employées dans cette circonstance, nous avons cru cependant devoir en établir pour les expérimenter; à cet effet, nous avons fait placer une barre commandant vingt hausses à chacun des déversoirs de Varennes et de Champagne.

Les coins ont été coupés à l'aplomb des heurtoirs, et chaque barre s'engrène avec un treuil vertical semblable à ceux des barres de la passe.

On n'a pas eu l'occasion de se servir de ces barres depuis qu'elles sont posées.

M. l'employé secondaire Lambert avait proposé de substituer à ces barres des barres à talons et à contre-talons; les talons seraient disposés de la manière ordinaire pour l'abattage des arcs-boutants, mais les contre-talons seraient placés de telle sorte que quand la barre est repoussée et les hausses dressées, l'ouverture de chaque glissière fût fermée par un contre-talon; l'usage des coins devient ainsi inutile, et toutes les glissières se trouvent démasquées quand on commence la manœuvre de la barre et qu'on a abattu une première hausse; nous n'avons pas appliqué cette combinaison, qui cependant nous paraît ingénieuse.

§ 8. MOUVEMENTS SPONTANÉS DES HAUSSES DE DÉVERSOIR.

Les hausses des déversoirs sont appelées automobiles, parce qu'elles ont deux propriétés essentielles; elles s'ouvrent d'elles-mêmes en basculant sur leur axe de rotation quand les eaux d'amont ont atteint au-dessus d'elles une certaine élévation, ensuite elles se redressent également d'elles-mêmes en tournant en sens inverse quand l'eau en amont s'est abaissée d'une certaine hauteur.

Digitized by Google

Nous avons eu à vérifier et à expérimenter ces deux mouvements spontanés.

Nous avons dit dans notre mémoire de novembre et décembre 1861 que les hausses des déversoirs se mettraient en bascule dès que la lame d'eau déversant sur leur crête atteindrait une épaisseur de 0m.14 environ, tout en faisant remarquer que cette épaisseur diminuerait en raison de l'augmentation du niveau d'aval.

Sur ce point, nos expériences ont complétement confirmé nos prévisions; les hausses des déversoirs se mettent en bascule dès que l'eau déverse de 0m.12 à 0m.15 sur leur sommet, l'expérience a été faite et renouvelée plusieurs fois à chacun des douze barrages et les résultats ont toujours été les mêmes.

On a voulu savoir aussi si l'on retarderait l'époque de ce mouvement en chargeant les contre-poids de la culasse, les deux contre-poids réunis qui pesaient d'abord 99k.45 ont été portés à 150k.24e ncoulant du plomb dans leurs vides, mais la résistance opposé par cette surcharge n'a pas exercé d'influence appréciable sur l'instant de la mise en bascule, et on pouvait le prévoir à cause du peu de longueur de son bras de levier par rapport à l'axe de rotation d'une hausse quand elle est debout.

Nous avons vérifié ensuite que quand une hausse est en bascule à sec avec son contre-poids fixe sur sa culasse et son contre-poids mobile sur la volée, il suffisait d'une légère pression sur la culasse pour la redresser. Cette expérience a été faite avec les contre-poids en fonte évidée pesant, savoir : le contre-poids fixe 67k.7 et le contre-poids mobile 31k.75, puis elle a été répétée avec ces mêmes contre-poids dont les vides avaient été remplis de plomb et qui pesaient alors : le premier 94k.59 et le second 55k.55, elle a très-bien réussi dans les deux cas.

Il restait donc à vérifier si les hausses mises en bascule se redresseraient spontanément quand le niveau de la rete-

Digitized by Google

nue d'amont s'abaisserait, le contre-poids mobile étant fixé sur la culasse au moyen d'une clef ou levier dont on voit la disposition Pl. 175, *fig.* 13.

Quant au principe de relèvement spontané il était incontestable, puisque quand l'eau est de niveau en amont et en aval du déversoir et élevée de 0m.80 à 1 mètre au dessus du seuil du déservoir une hausse flotte plongée dans l'eau, elle a perdu alors par l'immersion le poids de sa charpente et n'a conservé que les 7 huitièmes du poids de ses ferrures, et comme le poids des ferrures de la culasse est considérable par rapport à celui des ferrures de la volée, la hausse se redresse nécessairement. L'expérience faite dans ces conditions d'une eau de 0m.80 à 1 mètre au dessus du seuil et sans chute a toujours provoqué le redressement spontané, (même quand on laissait le contre-poids mobile sur la volée).

Mais quand il y a une chute de l'amont à l'aval à quel instant le redressement spontané aura-t-il lieu, telle est l'importante expérience que nous avons eu à faire dès le début.

Lorsqu'une hausse établie suivant les prévisions du projet primitif est en bascule, sa volée fait un angle de 15° sous l'horizon et sa culasse est chargée de deux contre-poids fixes et mobiles pesant ensemble 99k.45, dans cette situation elle ne se redresse que quand le niveau de la retenue s'est abaissé à 1 mètre au-dessous de son niveau normal lequel affleure comme on le sait la crête des hausses debout et s'élève à 2m.40, sur l'étiage.

Nous avons répété l'expérience en portant à 150 kilog. d'abord, puis ensuite à 202 kilog. le poids total des deux contre-poids réunis sur la culasse et nous avons constaté que cette surcharge n'avait qu'une influence insignifiante sur l'instant du redressement spontané qui ne se produisait toujours qu'avec un rabais d'environ 1 mètre sous la retenue normale.

Nous avions calculé dans notre mémoire de 1861, qu'un

Digitized by Google

abaissement de $0^{m}.14$ suffirait pour produire le redressement spontané; il y a donc entre nos prévisions et nos expériences un écart considérable qui pourrait inspirer des craintes, parce qu'un abaissement de 1 mètre dans le niveau de la retenue altérerait inévitablement le mouillage et par suite entraverait la marche de la navigation.

Nous dirons tout à l'heure comment nous avons corrigé cet écart; mais auparavant nous voulons montrer que des craintes sur un abaissement du niveau de l'eau ne nous paraissnt pas fondées et à cet effet nous allons rendre compte plus en détail des effets qui se produiraient si on conservait aux hausses du déversoir les dispositions du projet primitif.

Il est incontestable que les hausses une fois en bascule y resteront tant que la retenue ne sera pas descendue à 1 mètre au-dessous de son niveau normal, mais cet abaissement ne pourrait se produire que si un grand nombre de hausses se mettaient en bascule en même temps; car l'ouverture de trois ou quatre hausses ne suffirait pas pour débiter toute l'eau qui doit s'écouler avant que cet abaissement ait lieu; mais cette mise en bascule simultanée d'un grand nombre de hausses ne doit pas avoir lieu parce que les hausses quoique construites sur le même modèle, ne sont pas également sensibles, les unes sont plus exposées au courant, les autres ont plus de frottements dans leurs colliers, celles-ci ont quelques joints ouverts, celles-là ont une surface de volée ou une surface de culasse plus large, aucune d'elles enfin, ne se trouve dans les mêmes conditions que la voisine. Quand donc l'eau déverse en assez grande quantité sur un déversoir dressé, toutes les hausses sont sur le point de basculer; mais une ou deux seulement doivent se mettre en bascule, si malgré cette ouverture la retenue continue de croître, une ou deux autres hausses se mettent encore en bascule et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il y ait équilibre entre le débouché et le débit, alors seu-

Digitized by Google

lement la retenue cesse de croître; les hausses les moins sensibles sont restées debout et le niveau de la retenue ne s'abaisse pas, ou il ne s'abaisse que de quelques centimètres.

A l'appui de ce que nous venons de dire nous n'avons qu'à comparer le volume d'eau qui s'écoule en une heure par l'ouverture d'une hausse de déversoir mise en bascule et le volume d'une tranche de 1 mètre d'épaisseur prélevé sur le plus court des 12 biefs de la haute Seine. On trouve que le premier volume est d'environ 3 600 mètres cubes par heure; tandis que le second est d'environ 1 000 000 mètres cubes. Il faut donc près de 300 heures pour écouler cette tranche par une seule hausse sans tenir compte du débit continu de la rivière. Ainsi l'inconvénient signalé par les expériences ne paraît pas avoir la gravité redoutée d'abord.

Cependant c'est à l'expérience à prononcer; on comprend qu'il peut arriver exceptionnellement à la fois une telle masse d'eau que presque toutes les hausses du déversoir se mettent simultanément en bascule. On en a fait l'expérience au barrage de la Madeleine en lâchant dans son bief déjà plein la retenue complète du bief supérieur.

Enfin, il faut remarquer que si une hausse mise en bascule reste très-longtemps dans cette position il se produira au droit d'elle une veine affouillante d'une grande intensité qui pourrait endommager dans certains cas et sur quelques points l'arrière-radier du déversoir.

Ces diverses considérations nous ont conduit à conclure qu'il était nécessaire de compléter la solution du problème du relèvement spontané, nous avons donc cherché 1° à redresser à volonté une hausse qui, en bascule sous un angle de 15° au-dessous de l'horizon, subirait la chute d'une retenue voisine de la retenue normale; 2° à donner au besoin à un certain nombre de hausses une nouvelle disposition qui permît le redressement spontané lorsque la retenue ne se serait abaissée que de $0^m.10$ ou $0^m.15$ au-dessous de son état normal.

Digitized by Google

La solution de ces deux problèmes nous paraît simple; nous allons l'expliquer :

Redressement au moyen d'un écran. — Quand une hausse est en bascule et que la retenue d'amont est voisine de son niveau normal, le redressement spontané ne peut avoir lieu parce que l'eau en s'écoulant s'étend à la fois sur la volée et sur la culasse de telle sorte que sur l'une et sur l'autre son épaisseur est peu différente ; or la volée ayant une longueur double de la culasse, il en résulte que le moment du poids de l'eau qui pèse sur elle est à peu près quatre fois plus grand que celui qui se produit sur la culasse. C'est par suite de cette énorme différence qu'une augmentation des contre-poids ne peut rétablir l'équilibre en faveur de la culasse ; mais si au moyen d'un écran transversal placé au droit de l'axe de rotation on intercepte la lame d'eau qui s'écoule sur la volée, le moment de l'eau sur la volée devient presque nul, celui qui agit sur la culasse augmente, et la hausse se redresse.

Les *fig.* 5 et 6, Pl. 175, représentent cet écran dont l'idée appartient à M. l'ingénieur Garceau. Voici comment on s'en sert : on attend d'abord que l'eau se soit abaissée à $0^m.30$ environ au-dessous de la retenue normale afin que l'on puisse appuyer sans danger le bateau de manœuvre contre les hausses restées debout ; on amène ce bateau et on l'amarre de manière que son avant se trouve vers l'axe de la hausse à redresser, l'éclusier monté sur le pont de service du bateau saisit l'écran par sa poignée, l'appuie d'un bout contre la hausse voisine qui est debout et le fait glisser en le maintenant vertical jusque sur le dos de la hausse en bascule qu'il s'agit de redresser ; comme l'écran est retenu par deux cordes fixées au bateau, il résiste à la pression et arrête l'eau qui, ne pouvant plus s'étendre sur la volée, s'élève au-dessus de la culasse et la charge assez fortement pour que la hausse se redresse spontanément.

Redressement spontané avec un rabais de $0^m.10$ *à* $0^m.15$

Digitized by Google

seulement. — Pour résoudre cette seconde partie du problème il fallait déterminer d'abord le rapport qui existait entre l'inclinaison d'une hausse en bascule et le rabais de retenue produisant le redressement de cette hausse, puis ensuite trouver un moyen de donner à chaque hausse cette inclinaison correspondante à un rabais déterminé d'avance.

Ces expériences ont été faites d'une manière très-simple au barrage de la Citanguette. On fermait d'abord le barrage, puis à mesure que l'eau montait à l'amont, on se servait du bateau de manœuvre pour mettre en bascule une hausse en lui faisant prendre divers angles jusqu'à ce qu'on ait trouvé l'angle limite pour lequel elle se redresse d'elle-même, on répétait la même expérience sur la même hausse quand le niveau de la retenue s'était élevé de $0^m.10$ et, continuant ainsi, on a obtenu tous les angles limites de bascule correspondant à diverses hauteurs de retenue variant de $0^m.10$ en $0^m.10$ et donnant un redressement spontané. Cette expérience répétée plusieurs fois a permis de dresser le tableau suivant :

Digitized by Google

ABAISSEMENT de la retenue sous son niveau normal fixé à 2m.40 au-dessus de l'étiage ou à 1m.90 au-dessus du seuil du déversoir.	ANGLE MINIMUM que doit faire au-dessus de l'horizon la volée d'une hausse de déversoir pour se redresser spontanément avec l'abaissement de l'eau donné par la colonne précédente.	OBSERVATIONS.
mètres.	degrés.	
0 20	45	On ne fait pas mention de la valeur des contre-poids, parce que leur influence sur l'instant du redressement est insignifiante. On a observé que pour chaque angle limite de bascule permettant le redressement spontané, l'épaisseur de la lame d'eau s'écoulant par-dessus la volée de la hausse en bascule est d'environ 0m.05. Si cette lame est plus épaisse, la hausse ne se relève pas, si elle est moindre ou si le bout de la volée n'est pas atteint, la hausse n'est pas à son angle limite, on peut lui donner une inclinaison plus rapprochée de l'horizontale sans qu'elle perde la faculté de se redresser spontanément.
0.25	41	
0.30	37	
0.35	35	
0.40	33	
0 45	30	
0.50	27	
0.55	25	
0 60	22	
0.65	20	
0.70	15	
0.75	13	
0.80	10	

Ces relations une fois trouvées, il est facile de donner aux hausses l'angle convenable pour qu'elles puissent se redresser spontanément à un niveau déterminé de la retenue (Pl. 175, *fig.* 9 et 13).

Au droit d'une hausse on fixe l'extrémité d'une chaîne sur le radier du déversoir; on fait un trou dans le pied de la culasse de la hausse et l'on y passe la chaîne dont on vient fixer un anneau sur le chevêtre de la volée. Il est évident qu'en faisant varier la longueur de cette chaîne on pourra limiter comme on voudra l'inclinaison de la hausse quand elle se mettra en bascule.

Les manœuvres sont aussi simples que la description : ainsi l'éclusier met d'abord, comme à l'ordinaire, toutes les hausses du déversoir en bascule avec l'angle de 15 degrés sous l'horizon, les chaînes ayant été préalablement accrochées par un maillon qui leur donne une longueur compatible avec cet angle; le contre-poids mobile glisse

alors sur la volée et maintient les hausses en bascule. L'éclusier ferme ensuite la passe, puis il revient au déversoir, dont il redresse les hausses avec son pied, comme nous l'avons expliqué; il place en même temps, comme à l'ordinaire, les leviers qui fixent sur la culasse les contre-poids mobiles; il revient avec son batelet vers les hausses munies de chaînes qu'il tend successivement en raison de l'inclinaison que ces hausses doivent prendre quand elles basculeront spontanément. Si plus tard il s'aperçoit que ces hausses s'inclinent trop ou pas assez, eu égard au débit de la rivière, il attend que les eaux soient descendues sous la crête du déversoir et va tendre ou relâcher les chaînes; mais il est probable que cette seconde opération ne sera pas souvent nécessaire, et qu'avec un peu d'expérience l'éclusier saura d'avance quelle doit être la longueur de ses chaînes et connaîtra le maillon par lequel il doit accrocher chacune d'elles.

On voit par ce qui précède que nous supposons que dans chaque déversoir il n'y aura que quelques hausses prisonnières; c'est qu'en effet il n'est pas nécessaire que toutes les hausses d'un barrage le soient; il suffit d'enchaîner quinze ou vingt hausses de chacun de nos déversoirs, en ayant soin de prendre les plus sensibles ou plutôt de les rendre plus sensibles en élargissant un peu leur volée afin qu'elles basculent toujours les premières, et on laissera les autres s'incliner dans toute l'amplitude de leur parcours pour l'écoulement des crues subites qui pourraient survenir.

Lorsque le moment est venu de coucher les hausses d'un déversoir, l'éclusier abat d'abord la passe, puis il lâche jusqu'au dernier anneau les chaînes des hausses prisonnières, et les couche comme à l'ordinaire; leur relèvement se fait également dans les conditions ordinaires, les chaînes n'étant pas tendues.

C'est à l'expérience à déterminer pour chaque déversoir le nombre de hausses qu'il convient d'enchaîner.

CHAPITRE III.

Modifications diverses apportées aux engins des barrages de la haute Seine.

---

§ 1er. ROUE A SIX RAYONS POUR LA MANŒUVRE DES BARRES A TALONS.

Nous avons dit dans notre mémoire de 1861 qu'une barre à talons exigerait, pour abattre la hausse la plus chargée, c'est-à-dire la première, une traction de 651 kilog. ; que le treuil commandant cette barre était composé de deux pignons de $0^{m}.06$ de rayon et d'une grande roue de 1 mètre de diamètre, et que l'éclusier agirait sur ce treuil avec un levier de $0^{m}.50$ de longueur; qu'en conséquence l'effort exercé par l'éclusier serait de $651 \times \frac{0.06 \times 0.06}{0.50 \times 0.50} = 9^{k}.57$, c'est-à-dire environ le tiers de l'effort qu'un homme peut produire.

Cette appréciation théorique n'a pas été confirmée par l'expérience; il est résulté en effet de nombreux essais qu'il faut quelquefois trois hommes, et toujours deux, agissant sur un levier de $3^{m}.30$ de longueur, pour abattre les hausses, et que ce n'était pas toujours la première abattue qui présente le plus de résistance.

Cette augmentation dans la résistance provient de plusieurs causes.

Nous avons expliqué dans le chapitre II comment il pouvait arriver que la loge de la barre à talons sous les hausses couchées fût étranglée par la flexion des hausses sous le poids de l'eau, et comment nous y avons remédié en augmentant l'épaisseur des colliers; toutefois, malgré cet expédient, il est possible qu'un certain frottement subsiste encore et contribue à augmenter la charge du treuil. Il serait donc bon, dans les barrages à construire suivant le même sys-

Digitized by Google

tème, de réserver plus de hauteur pour la loge des barres à talons sous les hausses couchées.

En second lieu nous avons admis que l'angle de fuite du front du heurtoir avait 3 degrés d'inclinaison ; mais il peut arriver que la fonte n'ait pas été coulée avec toute l'exactitude désirable, et en outre qu'en posant ces heurtoirs on ait plus ou moins altéré leur inclinaison par rapport à l'axe de l'arc-boutant; or un seul degré dans l'angle de fuite augmente l'effort de 175 kilog. Ensuite le coefficient de frottement de la barre sur ses guides ou du poids de l'arc-boutant sur le front du heurtoir doit, dans l'espèce, se trouver notablement augmenté par la présence de sable ou de graviers; il peut arriver aussi qu'un coin des crapaudines jumelles soit gonflé et porte contre les montants du chevalet, de manière à augmenter la pression de l'arc-boutant contre son heurtoir.

Enfin l'engrenage qui termine la barre à talons éprouve lui-même une certaine résistance quand, au lieu de tourner dans l'eau pure, il se meut dans de l'eau chargée de sable, et, à plus forte raison, si l'on n'a pas la précaution de nettoyer souvent les puits des treuils, l'engrenage peut alors avoir à fonctionner dans un milieu vaseux qui en augmente beaucoup les frottements.

Toutes ces causes expliquent suffisamment l'excès de charge constaté dans les manœuvres des barres à talons, aussi les clefs en forme de T ou de S, employées primitivement, ont dû être remplacées par d'autres permettant un effort plus considérable.

D'un autre côté, les éclusiers sont quelquefois portés à tourner le treuil rapidement, afin d'obtenir un abattage plus prompt; or cet excès de vitesse peut avoir des inconvénients, parce que la barre à talons, en avançant trop vite, peut, surtout si la chute d'eau n'est pas très-grande, serrer le pied d'un arc-boutant entre un talon et l'oreille de la glissière avant que cet arc-boutant, poussé par la chute, se

soit assez avancé dans la glissière pour ne plus pouvoir être atteint par le talon de la barre qui vient de l'abattre, et on comprend que si cette rencontre a lieu le mouvement de la barre à talons est aussitôt arrêté.

Ainsi la nouvelle clef devait permettre plus de puissance, mais empêcher en même temps une trop grande vitesse. Voici sa description (Pl. 175, *fig.* 15 et 16).

Autour de l'axe du pignon supérieur du treuil on scelle un limbe circulaire en fer de $0^m.29$ de diamètre; ce limbe est attaché sur la tôle de recouvrement du puits du treuil avec quatre goujons; il a $0^m.05$ de largeur et $0^m.005$ d'épaisseur. Sur le carré de ce pignon on place une fusée en fer qui traverse en son centre un moyeu en fonte ayant six manchons hexagonalement disposés et faisant avec l'horizon un angle de 40 degrés, indiqué par l'expérience comme le plus convenable; ce moyeu a $0^m.30$ de diamètre à la base et pose sur le limbe dont nous venons de parler.

La fusée en fer qui forme l'axe du moyeu est terminée par une boucle qui lui est vissée, et au moyen de laquelle on peut enlever le moyeu et le séparer du treuil. Chacun des manches en fonte du moyeu a $0^m.10$ de profondeur, $0^m.05$ de diamètre au fond et $0^m.06$ à l'ouverture. Dans chacun de ces manchons on emmanche un levier en bois de frêne, de $1^m.10$ de longueur et de 5 ou 6 centimètres de diamètre aux extrémités, avec un léger renflement au milieu. Le moyeu ainsi armé de ses rayons forme une sorte de roue dont la projection horizontale a 2 mètres de diamètre.

L'éclusier s'en sert en se plaçant tangentiellement au cercle décrit par les extrémités des rayons et en les tirant d'une main et les poussant de l'autre, sans changer de place, et faisant ainsi tourner le moyeu et le treuil jusqu'à ce que la barre à talons ait parcouru le chemin voulu.

Quand la manœuvre est terminée, on peut laisser en place le moyeu, mais on retire et on emporte les rayons, pour qu'un étranger ne puisse modifier la position de la

barre; à l'époque des crues on retire également le moyeu qu'on rentre en magasin.

Le bras de levier au bout duquel l'éclusier agit est de 1 mètre, et comme il peut sans courir aucun danger exercer une force de 30 kilog. et même de 40 kilog., si cela est nécessaire, on voit que la traction qu'il transmettra à la barre à talons pourra s'élever à $40^k \times \frac{1 \times R}{r \times r'} = 40^k \frac{0.50}{0.06 \times 0.06} =$ 5 555 kilog. Deux hommes pourraient donc produire sur la barre à talons une traction de plus de 11 000 kilog. Il nous paraît que si cet effort devait être dépassé, ce serait signe qu'il y a quelque vice de pose ou d'entretien dans les parties mobiles du barrage. Nous avons d'ailleurs reconnu par expérience que deux hommes pouvaient exercer toute leur force sur le treuil muni de la clef à manchon sans rien briser dans ce treuil ni dans la barre à talons, mais avec trois hommes nous sommes parvenus à tordre l'arbre vertical et à briser le pignon inférieur, qui est en fer forgé de première qualité.

Nous en concluons que l'éclusier seul doit toujours suffire pour l'abattage des hausses de nos passes navigables, que dans le cas d'une résistance exceptionnelle on peut tolérer qu'un seul aide vienne agir sur la clef à manchons en même temps que l'éclusier, pourvu qu'ils n'agissent pas par chocs; mais qu'il doit être interdit de jamais se mettre plus de deux. Si la force de deux hommes ne suffisait pas il faudrait cesser d'agir sur la barre à talons, abattre les hausses à la lance, venir ensuite rechercher l'obstacle et empêcher qu'il puisse se reproduire.

§ 2. INDICATEURS DES BARRES A TALONS.

Nous avons dit dant le chapitre précédent combien il était nécessaire de connaître à chaque instant la position de la barre à talons et le n° de la hausse sur laquelle elle agit.

Digitized by Google

On peut imaginer diverses combinaisons pour obtenir un indicateur convenable, nous allons décrire sommairement trois dispositions qui sont employées.

Sur les quatre barrages d'amont (Varennes, La Madeleine Champagne et Samois) M. l'Ingénieur Garceau a attaché à l'extrémité de rive de la barre à talons, un bout de chaîne, cette chaîne est amenée par une poulie de renvoi contre la paroi verticale du puits du treuil, puis au moyen d'une seconde poulie de renvoi elle vient s'attacher à l'extrémité d'un cadran vertical en tôle, l'axe de rotation de ce cadran est placé très-près de la plaque de recouvrement du puits et le cadran en tournant autour de son axe horizontal peut passer à travers une étroite ouverture ménagée dans la plaque.

La chaîne est tendue et les poulies de renvoi sont disposées de telle façon que quand la barre à talons est repoussée vers le milieu de la passe, position qu'elle doit toujours occuper si ce n'est pendant la manœuvre d'abattage, le cadran est rentré sous la plaque de recouvrement, mais si on agit sur la barre pour abattre les hausses, le cadran sort peu à peu au dessus de la plaque et les chiffres inscrits sur la circonférence indiquent à mesure qu'ils sortent les numéros des hausses attaquées par les talons de la barre.

Quand après l'abattage on repousse la barre à sa place, le cadran rentre sous la plaque de recouvrement en suivant comme dans la première période le mouvement de la barre.

Cet indicateur a l'avantage de recevoir son mouvement directement de la barre à talons, mais il y a quelques inconvénients; la chaîne peut subir des variations de longueur, les poulies, dont l'une est immergée, demandent un certain entretien pour être toujours bien mobiles; ces poulies sont en cuivre et ont $0^m.06$ de diamètre. La chaîne est en fer de $0^m.0025$ de diamètre. Le rayon du cadran est de $0^m.50$, enfin, tout posé, cet indicateur coûte 60 francs.

Aux barrages de Melun et de la Cave. M. l'ingénieur Boulé

Digitized by Google

a admis une autre disposition, l'indicateur ne communique avec la barre à talons que par le treuil qui sert à la mettre en mouvement, il se compose d'une lame de tôle que l'on fait monter ou descendre à volonté au moyen d'une vis sans fin reliée par un pignon à la grande roue du treuil.

Quand la barre à talons est repoussée vers le milieu de la passe la lame de tôle est descendue sous la plaque de recouvrement du puits, quand au contraire on tire la barre pour l'abattage des hausses, cette lame sort peu à peu en passant par une fente de la plaque de recouvrement et chacune des divisions qui sort donne le numéro de la hausse attaquée au même instant. Quand l'abattage est complet la lame fait saillie de $0^m.50$ sur le recouvrement du puits, elle y rentre peu à peu à mesure que l'on repousse la barre dans sa position habituelle.

La vis sans fin a $0^m.06$ de diamètre hors du filet, $0^m.04$ en dedans du filet et un pas de $0^m.022$, sa longueur totale est de $0^m.83$; mais celle du filet n'est que de $0^m.60$.

L'écrou mobile qui porte la lame a $0^m.055$ d'épaisseur et $0^m.12$ de diamètre.

La lame, ou tableau mobile, a $0^m.943$ de hauteur et $0^m.20$ de largeur.

Les inconvénients de ce système sont les suivants :

Le pied de la vis, son sabot et son écran seront quelquefois submergés et pourront se rouiller. Le prix de cet indicateur est relativement élevé, il est de 200 francs.

Aux six derniers barrages l'indicateur est plus simple que les précédents, l'extrémité supérieure de l'arbre du treuil est terminée par un carré qui dépasse de quelques centimètres la plaque de recouvrement du puits. Sur ce carré on place la douille verticale d'une tige de fer qui se recourbe horizontalement à quelques centimètres au-dessus de la plaque de recouvrement; cette aiguille horizontale porte une roulette à gorge qui est assujettie d'une part à rouler sur un rail décrivant une spirale d'Archimède et

d'autre part à glisser le long de l'aiguille pendant qu'elle tourne avec l'arbre du treuil. On comprend aisément que la position de la roulette sur la spirale peut indiquer la position de la barre à talons et que les chiffres inscrits convenablement le long de cette spirale font connaître le numéro des hausses attaquées au moment du passage de la roulette. Il est inutile de remarquer que l'emploi de la spirale est motivé parce que pendant l'abattage d'une barre l'arbre du treuil, et par conséquent l'aiguille, décrivent plusieurs fois 360° de sorte qu'une seule circonférence n'aurait pas pu servir de cadran.

Le cadran à spirale est en fonte et est fixé par des vis sur la plaque de recouvrement. La Pl. 175, *fig.* 17, 18 donne les détails de cet indicateur qui ne coûte que 17 francs y compris 1f.80 pour pose.

L'inconvénient de cet indicateur qui est toujours apparent c'est qu'on pourrait enlever à la main l'aiguille et déplacer soit elle, soit la roulette de manière à donner une fausse indication, il est donc utile que la douille de l'aiguille soit fixée solidement sur l'arbre du treuil de telle sorte qu'il faille certains outils pour la démonter, il faut aussi que la gorge de la roulette soit assez creuse pour ne pas pouvoir quitter son rail sans enlever complétement l'aiguille et sa douille.

Le plus exact de ces indicateurs est celui de M. Garceau. parce qu'il est directement en rapport avec la barre à talons, mais l'agencement de ces diverses parties est un peu trop délicat.

L'indicateur à roulette est simple, peu coûteux et nous paraît préférable au précédent quoiqu'il ne soit en rapport avec la barre à talons que par l'intermédiaire du treuil, et qu'il exige, de la part de l'éclusier, une plus grande attention.

Digitized by Google

§ 3. ÉCRAN POUR REDRESSER LES HAUSSES DES PASSES NAVIGABLES.

Dans le chapitre précédent nous avons parlé de l'écran dont on se sert quelquefois pour faciliter le redressement des hausses de déversoir quand elles sont en bascule sous une certaine charge d'eau. Le même écran peut être employé pour faciliter le redressement des hausses des passes navigables quand la chute est forte; nous allons entrer dans quelques nouveaux détails à ce sujet.

Nous avons dit que lorsqu'on fermait une passe navigable la chute augmentait peu à peu pendant cette fermeture et que souvent elle s'était élevée à 1^{m}.30 au moment du relèvement des dernières hausses. La possibilité ou plutôt la facilité du redressement d'une hausse sous une pareille chute tient à une circonstance qu'il nous paraît utile de faire ressortir.

A mesure que la fermeture de la passe s'avance l'eau qui s'échappe par la partie qui reste encore ouverte est sollicitée par deux forces près de la dernière hausse dressée, l'une qui est due à la dénivellation de l'eau de l'amont à l'aval et qui tend à entraîner l'eau dans une direction perpendiculaire au barrage, l'autre qui est produite par le courant qui s'établit parallèlement au barrage contre les hausses déjà dressées, ces deux forces faisant un angle droit produisent une composante qui donne à la veine qui s'échappe au-dessus de la première hausse à relever une direction oblique telle que cette veine n'atteint pas la volée de cette hausse lorsqu'elle est en bascule, tandis qu'au contraire elle agit sur sa culasse. Ainsi le courant par sa direction oblique au droit de la hausse que l'on relève favorise son redressement, il le favorise à tel point qu'il faut modérer avec le treuil la vitesse que prendrait la hausse en se redressant si on l'abandonnait à l'action du courant.

Cet effet se continue même jusqu'à la dernière hausse à

Digitized by Google

redresser contre le mur de la tête d'écluse parce que ce mur est oblique et que son évasement vers l'aval favorise la direction oblique du courant que nous venons de signaler. Mais si le mur d'épaulement de la passe au lieu de présenter un évasement vers l'aval était perpendiculaire à l'axe de la passe ou s'il présentait un évasement vers l'amont, la veine fluide en s'échappant suivrait une direction perpendiculaire à l'axe de la passe et porterait sur la volée des trois ou quatre dernières hausses, de sorte qu'après avoir redressé leur chevalet et mis en place leur arc-boutant, ces hausses resteraient en bascule ou du moins il faudrait une force considérable pour le redresser. Le même effet se produirait si on commençait la fermeture d'une passe par ses deux extrémités simultanément, réservant les hausses du milieu pour les relever en dernier, la veine fluide pèserait encore sur la volée de ces hausses et en rendrait le redressement extrêmement difficile dès que la chute dépasserait $0^{m}.70$ ou $0^{m}.80$.

Le même effet se produirait encore si, après avoir fermé complétement un barrage, une hausse mal assujettie contre son heurtoir venait à tomber.

Enfin, c'est ce même courant déversant sur la volée qui empêche, comme nous l'avons dit, une hausse de déversoir en bascule sous un angle de 15 degrés sous l'horizon, de se relever tant que la retenue ne s'est pas abaissée de 1 mètre sous son niveau normal.

Pour triompher de cette difficulté, le moyen simple et ingénieux imaginé par M. l'ingénieur Garceau consiste à couper par un écran la veine fluide qui s'échappe au droit de la hausse à redresser et à empêcher ainsi son déversement sur la volée de cette hausse.

Nous avons expliqué dans le chapitre précédent comment on se servait de cet écran, et d'ailleurs l'inspection des *fig.* 5 et 6, Pl. 175 suffirait pour en comprendre l'usage. On

Digitized by Google

s'en sert au barrage de Melun toutes les fois que l'on relève la passe navigable, parce que, par exception, l'épaulement de cette passe ne présente pas d'évasement vers l'aval.

§ 4. BATEAU DE MANŒUVRE ET ACCESSOIRES.

Nous avons dit dans le chapitre II, § 4, que, pendant le relèvement des hausses de la passe navigable, la traction exercée sur la culasse d'une hausse s'élevait parfois à environ 6 500 kilogrammes. Le bateau doit être assez solidement établi pour résister à cet effort transversal considérable qui, appliqué à son avant, tend à le plier en deux. Nous avons reconnu la nécessité de donner aux pièces de charpente du bateau plus de force que nous ne l'avions prévu d'abord, et nous avons complété sa résistance transversale en appliquant une cornière en fer sur son plat-bord. Les *fig.* 1, 2, 3 et 7, Pl. 175, donnent les détails de construction définitivement adoptés; les quatorze bateaux, construits d'après ce modèle à Villeneuve-sur-Yonne, ont tous parfaitement résisté, sans déformation aucune, aux divers efforts exceptionnels dont nous avons parlé.

Le treuil du bateau de manœuvre avait d'abord été prévu en charpente, mais à cause des efforts considérables qu'il devait exercer, un treuil en charpente aurait eu un volume trop étendu et aurait gêné la circulation dans le bateau, on a donc jugé préférable d'avoir dans chaque bateau un treuil en fonte (Pl. 175, *fig.* 2, 3) : chaque treuil est d'ailleurs à volonté, à double ou à simple pignon; il suffit de donner un petit déplacement horizontal à l'arbre de l'un des pignons pour dégager au besoin le pignon de secours ou pour le faire engréner avec une roue. Cette disposition a l'avantage d'avoir un treuil qui s'adapte mieux à l'effort variable que l'on doit exercer. Ainsi, les premières hausses d'une passe présentant peu de résistance, on ne se sert donc que d'un seul pignon pour les relever; au contraire, quand on arrive aux

dernières hausses, l'effort à produire étant plus considérable, on fait engrener le second pignon, mais aussi un même nombre de tours de manivelle produit moins d'enroulement que dans le cas d'un seul pignon, et par conséquent le relèvement va plus lentement.

Nous avons dit dans notre mémoire de 1861, que pour donner à la poulie qui se trouve à l'avant du bateau de manœuvre une position favorable à la traction il fallait tenir le bateau à une certaine distance des hausses; l'espace compris entre le bateau et les hausses dressées, est occupé par un pont de service, mais on comprend que la largeur de ce pont doit varier suivant la hauteur de l'eau afin que l'angle de traction soit à peu près constant; ainsi pour des eaux basses il est bon d'avoir un pont de service plus étroit que pour des eaux hautes, tout en conservant un écart suffisant pour que chaque hausse en manœuvre puisse basculer sans rencontrer le bateau. D'un autre côté le pont de service est porté par des volets en fer accrochés sur le flanc du bateau, il est donc utile d'avoir des volets de deux dimensions. Enfin, en temps de basses eaux, le tampon de $1^m.50$ toucherait le fond et ne pourrait permettre l'emploi du bateau, il faut donc avoir un tampon court et un de $1^m.50$ (Pl. 175, *fig.* 4).

Dans le projet primitif du bateau la poulie de renvoi de l'avant devait être fixe et tourner dans un plan horizontal, un rouleau de renvoi devait permettre l'inclinaison de la corde de traction au moment du relèvement des hausses. Nous avons évité l'emploi de ce rouleau en remplaçant la poulie fixe par une poulie mobile dont la gorge se place suivant l'inclinaison moyenne de la chaîne ou de la corde de traction et qu'on peut maintenir à volonté suivant une inclinaison voulue au moyen d'une vis de pression, cette poulie est représentée (Pl. 175, *fig.* 1, 2, 3).

§ 5. HAUSSES PRISONNIÈRES DES DÉVERSOIRS.

Nous avons expliqué dans le chapitre précédent comment nous avons enchaîné certaines hausses des déservoirs de manière à produire leur redressement spontané pour un niveau voulu; nous avons quelques observations nouvelles à faire ici sur ce sujet.

Si toutes les hausses d'un déversoir étaient libres dès que deux ou trois d'entre elles se seraient mises en bascule, elles y resteraient généralement pendant très longtemps, peut-être pendant plus d'un mois, si on les abandonnait à elles mêmes, parce que la retenue ne s'abaisserait pas assez pour permettre leur redressement spontané; or, quels que soient la solidité des fondations et le peu de gravité des affouillements en aval d'un déversoir, il est certain qu'il serait préférable de ne pas avoir à craindre les effets des courants puissants et continus produits par les hausses libres en bascule; or ce résultat, sur lequel nous n'avons pas assez insisté dans le chapitre précédent, est atteint par l'emploi des chaînes, car alors les hausses libres qui sont moins sensibles que les hausses prisonnières ne se mettent en bascule que dans des cas exceptionnels, et si on a eu le soin de rendre prisonnières un nombre suffisant de hausses, ou de leur donner un angle de bascule en rapport avec le trop plein à écouler, les lames d'eau qui s'échappent par-dessus et par-dessous les hausses prisonnières en bascule n'ont plus aucune action affouillante. Ainsi est écartée l'une des craintes que l'on pouvait avoir sur les affouillements en aval de nos déversoirs. Nous désignerons les chaînes régulatrices dont nous venons de parler ici et dans le chapitre précédent. (Pl. 175, *fig.* 9, 13), sous le nom de chaîne d'amont par opposition aux chaînes d'aval dont nous allons dire un mot.

La crête des hausses de nos déversoirs est, comme nous

Digitized by Google

l'avons dit, fixée au niveau réglementaire de la retenue c'est-à-dire à 2^{m},40 sur l'étiage conventionnel; mais il pourrait arriver que pour un motif quelconque ou veuille maintenir momentanément une retenue à 0^{m}.30 ou 0^{m}.40 en contre-bas de son niveau réglementaire, ou bien encore on pourrait chercher à obtenir le règlement spontané de la retenue réglementaire par une lame déversante d'épaisseur variable régnant sur toute la longueur du déversoir afin d'éviter les courants affouillants. Dans ces deux cas il faudrait maintenir la crête des hausses de nos déversoirs à 0^{m}.30 ou 0^{m}.40 en contre-bas de leur niveau actuel ; on peut y parvenir très-simplement en accrochant sur la traverse de la volée de chaque hausse de déversoir une chaîne fixée par l'autre extrémité sur une traverse du radier à l'aval de la hausse, on n'a qu'à donner à cette chaîne une longueur telle qn'étant tendue, la hausse reste un peu inclinée de manière que son sommet présente l'abaissement voulu. Cette simple modication suffira pour bien faire comprendre l'emploi de ces chaînes d'aval dont nous n'avons pas encore eu occasion de faire l'application, et dont nous avons pensé qu'il serait inutile de donner un dessin.

On voit donc qu'au moyen des hausses du déversoir, on peut toujours et sans fatigue pour l'éclusier faire toutes les opérations imaginables de règlement d'eau, c'est pourquoi nous disions en commençant ce chapitre que, selon nous, les hausses pouvaient résoudre tous les problèmes de navigation qui seraient proposés.

Nous terminons nos considérations sur les hausses prisonnières des déversoirs en ajoutant que Son Excellence le Ministre des travaux publics a approuvé les dispositions que nous avons proposées par une décision en date du 4 décembre 1866, rendue à la suite d'expériences faites en présence d'inspecteurs généraux des ponts et chaussées.

Digitized by Google

§ 6. HAUSSES OSCILLANTES A SURFACES COURBES DE ROULEMENT.

En cherchant un agencement qui assure le redressement des hausses des déversoirs en temps opportun et avant d'avoir songé aux hausses prisonnières décrites dans le paragraphe précédent nous avions proposé une autre solution imitée des hausses à surface de roulement de M. Chaubart (*Annales des ponts et chaussées*, novembre et décembre 1864, page 285). Nos études sur ce système ont fait l'objet d'un mémoire en date du 29 juin 1862, soumis à l'administration supérieure; conformément à nos propositions une décision ministérielle du 25 juillet 1862 nous a autorisés à placer dans le déversoir du barrage d'Évry une hausse disposée d'après ce nouveau mode de suspension. Cette hausse existe mais nous n'avons pas eu l'occasion de faire des expériences régulières sur la manière dont elle fonctionne, nous n'avons pas d'ailleurs cherché à faire ces expériences parce que l'emploi des chaînes pour rendre les hausses prisonnières nous a paru une solution plus commode et préférable dans l'espèce. Néanmoins le système de hausses oscillantes tel que nous l'avons proposé en 1862 nous paraît susceptible d'application et nous croyons intéressant d'en donner ici une courte étude.

Au lieu de faire tourner chaque hausse de déversoir autour d'un axe nous avons cherché, comme M. Chaubart, à la faire rouler sur une surface de telle manière que le niveau de la retenue reste constant, les variations d'inclinaisons de la hausse et par suite des ouvertures du déversoir correspondant continuellement aux variations en plus ou en moins du débit de la rivière.

L'étude que nous présentons comprend deux parties bien distinctes, savoir d'abord la recherche de la courbe qui doit servir de directrice aux cylindres de roulement, ensuite l'agencement de ces surfaces sur les chevalets et leur liaison

avec les hausses de manière à assurer les divers mouvements d'oscillation de ces derniers et à permettre aussi leur abattage et leur relèvement par les procédés déjà décrits.

Nous laissons de côté, malgré son attrait, la recherche théorique de la courbe de roulement, recherche qui ne nous paraît pas, dans l'espèce, conduire à un résultat pratique, parce que les hypothèses du calcul s'écartent de la réalité.

En effet, à mesure que la hausse s'incline en roulant sur son cylindre, le niveau de l'eau sur le sommet ne reste réellement pas constant; la surface de l'eau qui déverse prend au contraire une certaine courbure parabolique plus ou moins allongée, suivant l'inclinaison de la hausse; d'un autre côté, l'eau de la retenue, en s'échappant dessus et dessous la hausse, prend une certaine vitesse qui varie aussi avec l'inclinaison de la hausse; enfin, le poids de la hausse, ses frottements et la pression variable de l'eau d'aval ne sont pas toujours des quantités négligeables, de sorte qu'en réalité, ces éléments divers, qu'il est difficile de faire entrer dans le calcul, empêchent l'exactitude de la solution théorique. C'est donc seulement par l'expérience et par tâtonnements que, selon nous, on doit rechercher la courbe à donner pour directrice aux surfaces de roulement des hausses; il est facile d'ailleurs d'essayer des cylindres en bois, dont on modifie peu à peu la forme jusqu'à ce qu'on soit parvenu à un résultat satisfaisant, en ce qui concerne la conservation du niveau de la retenue, malgré la variation du débit.

Les considérations qui suivent donnent d'ailleurs quelques indications sur la courbe de roulement.

Supposons qu'une hausse de déversoir s'appuie contre une surface cylindrique à génératrices horizontales, et que quand cette hausse est complétement dressée, c'est-à-dire quand son pied porte contre le seuil, la génératrice de contact avec la surface cylindre soit vers le tiers de la longueur de la hausse; supposons enfin que le niveau de la retenue

affleure le sommet de la hausse debout, et qu'il n'y ait pas d'eau en aval.

Les forces qui agissent sur la hausse sont les suivantes ;

1° La pression de la retenue qui a pour expression $2\cos 10° \times 1.3 \times 1\,000 = 2\,560$ kilogrammes, et qui passe au tiers de la hausse, c'est-à-dire à 0m.667 de son pied. On se souvient, en effet, que chaque hausse a 2 mètres de longueur, 1m.30 de largeur et fait un angle de 10 degrés avec la verticale dans sa position initiale.

2° La pression due à la vitesse de l'eau d'amont, mais quand la hausse est appuyée contre son seuil, dans sa position initiale, la vitesse de l'eau contre les hausses est sensiblement nulle et sa pression est négligeable.

3° Le poids de la hausse et de ses ferrures. La hausse avec ses fers, mais sans contre-poids, pèse 380 kilogrammes et son centre de gravité est à 0m.82 de sa base. Le contre-poids fixe est inutile, et par conséquent supprimé; le contre-poids mobile subsiste, puisqu'il faut toujours que la hausse puisse être maintenue en bascule, à sec, pendant le relèvement de la passe navigable; ce contre-poids mobile doit être déterminé par cette condition que, placé sur la volée à l'extrémité de sa course, il maintienne la hausse en bascule sous un angle de 15 degrés sous l'horizon; nous supposons actuellement qu'il a une valeur de 50 kilogrammes; quand il est fixé sur la culasse, son centre de gravité est à 0m.20 du pied de la hausse. Le poids de l'ensemble est donc de $280 + 50 = 330$ kilogrammes. Le centre de gravité passe à une distance égale à

$$\frac{50 \times 20 + 280 \times 0.82}{330} = 0.72$$

et la composante normale à la hausse est de $330 \times \sin 10° = 57$ kilogrammes.

La hausse est donc soumise à deux forces normales qui donnent une résultante définitive de 2 614 kilogr. passant à une distance de la base égale à :

$$\frac{2\,560 \times 0.67 + 57 \times 0.72}{2\,617} = 0.67.$$

Nous en concluons d'abord que si l'on veut que la hausse commence à s'incliner quand l'épaisseur de la lame déversante suffira pour vaincre les frottements, le cylindre d'appui et de roulement devra avoir sa première génératrice de contact à 0.67 du bout de la culasse; la volée aura dans cette position $1^{m}.33$ de longueur.

Supposons maintenant que, sans changer le niveau de la retenue qui reste à $2^{m}.40$ sur l'étiage, on incline la hausse en la faisant rouler sur son cylindre d'appui ; chacune des trois forces normales, examinée précédemment, prend une nouvelle valeur, et le point d'application de leur résultante s'écarte du pied de la culasse.

Pour plus de facilité, considérons la hausse dans une position déterminée, par exemple, quand elle a décrit un angle de 60 degrés, et que par conséquent son angle avec la verticale est de 70 degrés. Enfin, supposons que le cylindre d'appui a pour directrice un cercle de rayon R et examinons comment les pressions agissent.

Dans la position initiale, la volée ayant $1^{m}.33$ de longueur et l'angle de la hausse avec la verticale, étant de 10 degrés le sommet de la volée, et par conséquent le niveau supposé de la retenue se trouvait au-dessus du centre du cercle directeur à une hauteur égale à $1.33 \cos 10^{\circ} + R \sin 10^{\circ}$.

Quand la hausse a roulé sur son cylindre de manière à faire un angle de 70 degrés avec la verticale, la longueur de la volée sera égale à $1^{m}.33 - \text{arc}\ 60^{\circ} = 1.33 \frac{\pi R}{3}$, et la hauteur du sommet de la hausse au-dessus du centre du

cercle directeur sera $\left(1^m.33 - \frac{\pi R}{3}\right) \cos 70° + R \sin 70°$, l'abaissement du sommet de la volée sous le niveau supposé constant de la retenu sera donc $1^m.33 \cos 10° + R \sin 10° - \left(1.33 - \frac{\pi R}{3}\right) \cos 70° - R \sin 70° = 0^m.855 - 0.409\,R$.

Cherchons maintenant comme dans la position initiale la résultante des trois forces qui agissent sur la hausse.

1° *Pression due à la chute.* — La pression, due à la chute a toujours pour expression $\frac{h(2a+h)}{2 \cos \alpha} \times 1\,000 l$. En désignant par a la hauteur de la retenue au-dessus du sommet de la hausse, et par h la projection verticale de la hausse. Cette expression devient pour $\alpha = 70°$,

$$2 \cos 70° \frac{[2 \times 0.855 - 2 \times 0.409 R + 2 \cos 70°]}{2 \cos 70°} 1300 = 3112.2 - \\ - 1663.4 \times R.$$

et sa distance au pied de la culasse dont l'expression générale est

$$\frac{h(3a+h)}{3 \cos (2a+h)}$$

devient

$$\frac{2 \cos 70° (3 \times 0.855 - 3 \times 0.409 R + 2 \cos 70°}{3 \cos 70° (2 \times 0.855 - 2 \times 0.409 R + 2 \cos 70°)} = \frac{6.678 - 2.454 R}{7.182 - 2.454 R}.$$

Pression due à la vitesse de l'eau. — Quand la hausse est inclinée à 70 degrés sur la verticale elle laisse échapper par-dessus et par-dessous deux lames d'eau qui produisent à l'amont une vitesse dont la pression n'est plus négligeable comme dans la position initiale. Pour connaître exactement la vitesse moyenne de l'eau qui frappe la hausse, il faudrait la mesurer directement en promenant un moulinet de Woltman ou un tube de Darcy en amont de la hausse et

prenant une moyenne des vitesses observées. Nous n'avons pas fait cette observation, mais nous croyons pouvoir évaluer à environ 0m.70 la vitesse moyenne cherchée. La pression, due au choc contre la hausse dont l'expression générale est

$$\frac{KLV^2}{2g} 1\,000\, l \cos \alpha$$

devient

$$\frac{1.2 \times 2 \times 0.49 \times 1000 \times 1.30 \times \cos 70^\circ}{19.62} = 27 \text{ kilogrammes};$$

cette pression passe par le milieu de la hausse.

3° *Poids de la hausse.* — Le poids de la hausse, chargée de son contre-poids mobile sur la culasse, est, comme nous l'avons vu, de 330 kilogrammes, dont la composante normale à la hausse est $330 \sin 70^\circ = 370$ kilogrammes et passe à 0m.72 du pied de la hausse.

Faisons maintenant une hypothèse sur la valeur de R et supposons $R = 0^m.20$, la pression, due à la chute est $3\,112.2 - 1\,063.4 \times R = 2\,899$ kilogr., et sa distance au pied de la hausse est 0m.92.

La résultante générale des forces normales aura donc pour valeur $2\,899 + 27 + 310 = 3\,236$ kilogrammes, et sa distance au pied de la culasse sera

$$\frac{2\,899 \times 0.92 + 27 \times 1 + 310 \times 0.72}{3236} = 0^m.90.$$

Or lorsque la hausse en roulant sur son cylindre a atteint l'angle de 70 degrés avec la verticale, sa culasse a une longueur égale à $0^m.67 + \frac{\pi R}{3} = 0^m.88$; il en résulte donc que dans cette position la résultante des forces passera à 0m.90 du pied de la hausse, tandis que l'arête de contact n'en sera qu'à 0m.88. En d'autres termes, la résultante ne

Digitized by Google

passera pas exactement par l'arête de contact, mais elle en sera écartée seulement de $0^{m}.02$, c'est-à-dire assez peu pour que les frottements maintiennent la hausse en équilibre.

Ainsi, en prenant pour courbe de roulement un cercle de $0^{m}.20$ de rayon et en admettant comme angles extrêmes des mouvements d'oscillations de la hausse $\alpha = 10°$ et $\alpha = 70°$, la hausse se trouverait en équilibre dans ses positions extrêmes. Quant aux positions intermédiaires, l'équilibre ne pourrait avoir lieu qu'avec une légère modification du niveau de la retenue; or ce résultat nous suffit dans l'espèce, et nous en concluons que l'on peut adopter pour directrice des surfaces de roulement un cercle de $0^{m}.20$ de rayon et de 60 degrés d'amplitude, tangent par une extrémité à la surface d'aval des montants de la hausse en un point situé à $0^{m}.67$ de sa base.

Nous allons examiner maintenant comment les cylindres directeurs peuvent être fixés sur les chevalets et comment les hausses sont reliées aux chevalets.

Chaque hausse de déversoir a $1^{m}.30$ de largeur et comprend quatre montants; il n'est pas nécessaire que le cylindre directeur ait une longueur égale à la largeur de la hausse, il suffit évidemment que deux montants symétriques, les deux montants intermédiaires, par exemple, portent chacun sur un cylindre ayant la forme et la position indiquée précédemment.

Chacun de ces cylindres est en fer forgé et est placé à cheval sur l'un des tourillons des anciens chevalets, deux oreilles se prolongent sur la traverse supérieure du montant du chevalet et y sont boulonnées; le premier point de contact correspond à un rayon incliné à 10 degrés sur l'horizon, le dernier correspond à un rayon incliné à 70 degrés. Au-dessous du premier point de contact, le cylindre est prolongé sur une petite longueur, afin de permettre à la hausse de se coucher parallèlement au chevalet; à la suite du dernier

point de contact, à l'extrémité du rayon incliné à 70 degrés, le cylindre est suivi d'un plan incliné faisant un angle de 15 degrés sous l'horizon ; ce plan permet à la hausse de basculer complétement comme les autres quand elle a atteint l'extrémité de son cylindre de roulement, et cela peut être utile en temps de crue; ce plan incliné permet aussi à la hausse de prendre une position qui facilite son relèvement avec le bateau de manœuvre, quand elle est couchée sur son radier. Les dessins des *fig.* 10, 11 et 14, Pl. 175, montrent la disposition des cylindres directeurs.

Mode d'attache d'une hausse. — Dans un mémoire inséré dans les *Annales* (numéro de novembre et décembre 1864) sur les hausses de M. Chaubart, il est dit que la meilleure manière de relier une hausse à son cylindre de roulement consiste dans l'emploi de deux feuilles de cuivre fixées d'un bout au cylindre, de l'autre bout à la hausse, et dont l'une s'enroule tandis que l'autre se déroule quand la hausse s'incline ou se relève. Ce mode d'attache, qui peut convenir pour une hausse dont les supports sont fixes, ne nous a pas paru applicable à nos hausses de déversoirs, montées sur des chevalets mobiles, susceptibles de se coucher sur le radier et de supporter des chocs et des tractions considérables dans leurs mouvements ; nous avons donc cherché un autre système, et celui que nous avons trouvé nous semble convenir parfaitement, soit aux hausses à supports fixes, soit aux hausses à supports mobiles; il est d'ailleurs capable de résister aux chocs et aux tractions.

Quand une hausse roule en appuyant ses deux montants intermédiaires sur les deux cylindres directeurs, chacun des points de la face d'aval des montants décrit une développante de la courbe directrice des cylindres; pour ceux de ces points qui entrent en contact avec le cylindre, la développante présente deux branches séparées par un point de rebroussement situé sur le cylindre, et tout point faisant corps avec la hausse, mais non situé dans le plan de

la face d'aval des montants, décrit une courbe qui se déduit de la développante décrite par le point le plus rapproché de ce plan, en mesurant sur la tangente à cette développante une longueur constante égale à la distance entre ces deux points.

Si la barre n'avait qu'un axe horizontal de rotation, elle ne pourrait être tangente aux cylindres directeurs que dans deux positions; mais si on lui donne deux axes de rotation horizontaux placés, l'un sur le cylindre, l'autre sur la hausse, et réunis par une bielle, on voit de suite que, pour une inclinaison quelconque de la bielle, la hausse pourra s'appuyer sur les cylindres. Il ne reste donc qu'à déterminer pour ces deux axes une position telle que la hausse roule sans glisser, ou qu'en d'autres termes les courbes décrites par chacun de ces points coïncident avec les développantes et les dérivées de ces développantes dont nous venons de parler, ou qu'elles s'en rapprochent suffisamment (Pl. 175, *fig.* 12).

Quand la hausse se meut autour des deux axes horizontaux cherchés, chaque point de la face d'aval d'un montant décrit une épicycloïde, et il faut examiner d'abord si dans l'amplitude du mouvement d'oscillation de la hausse, quand α varie de 10 degrés à 70 degrés, par exemple (si l'on se contente de cette amplitude d'oscillation), l'épicycloïde décrite par un point peut se confondre sensiblement avec la développante que décrirait ce même point s'il y avait roulement sans glissement.

Pour que l'axe de rotation fixé sur le cylindre de roulement puisse servir de centre approximatif à toutes les branches supérieures de développantes décrites par les divers points de la face d'aval de la hausse dans l'amplitude de son roulement, il faut évidemment que cet axe se trouve sur la normale à la directrice menée par son dernier point de contact, c'est-à-dire d'après les limites de roulement admises précédemment sur la normale qui fait un

Digitized by Google

angle de 70° avec l'horizon, de même pour que l'axe de rotation fixé sur la hausse puisse servir de centre approximatif aux branches inférieures de développantes décrites par les points venus en contact, il faut que cet axe soit sur la première normale du contact, c'est-à-dire sur celle faisant un angle de 10 degrés avec l'horizon. Nous avons donc déjà deux lieux géométriques des centres cherchés; l'un d'eux peut maintenant être choisi arbitrairement, et l'autre s'en déduit comme nous l'expliquerons.

Pour la facilité de construction et de montage, nous avons placé l'axe de rotation de la hausse un peu en amont de sa face d'amont, à une distance telle que l'introduction du boulon qui forme cet axe soit commode. Cet axe se trouve ainsi déterminé puisqu'il se trouve déjà sur la normale à la hausse menée par le premier point de contact, c'est-à-dire à $0^{m}.67$ de sa base.

Ce premier centre étant déterminé, on trace exactement sur une épure la dérivée de développante qu'il décrit pendant le roulement de la hausse; or le cercle qui sera en réalité décrit par ce centre devant se rapprocher autant que possible avec cette dérivée de développante, on cherche le centre d'un cercle qui passe par ces deux points extrêmes, c'est-à-dire par ceux qui correspondent à $\alpha = 10$ degrés et $\alpha = 70$ degrés. On a ainsi un second lieu géométrique du deuxième centre, et son intersection avec la dernière normale de contact en fait connaître la position; il faut d'ailleurs que cette position permette de donner aux cylindres de roulement qui portent ce second axe une forme pratique, sans quoi il y aurait lieu de faire varier le premier centre sur la première normale de contact jusqu'à ce que le second centre occupe une position convenable. La construction que nous venons de donner s'applique évidemment, quelle que soit l'amplitude admise pour les oscillations. Sur la *fig.* 12, Pl. 175, on a supposé que α variait de 10 degrés à 105 degrés.

Si les deux axes de rotation d'une hausse, tels qu'ils

Digitized by Google

viennent d'être décrits, étaient maintenus par la bielle à une distance invariable l'un de l'autre, le frottement de glissement aurait encore nécessairement lieu sur les cylindres d'appui, puisque les épicycloïdes, seules possibles, ne coïncideraient pas parfaitement dans tous leurs cours avec les courbes dérivées des développantes; or ce frottement, quoique réduit par notre construction à un parcours de quelques millimètres, serait peut-être néanmoins un obstacle au mouvement d'oscillation de la hausse, parce que les pressions sur les cylindres sont considérables. Il est facile de l'annuler complétement en donnant à l'œil de la bielle, au droit de l'un des deux axes, un jeu suffisant. Pour déterminer ce jeu il suffit de comparer sur l'épure la courbe, dérivée de développante, que décrirait l'axe de la hausse s'il n'y avait pas de glissement, avec le cercle qu'il décrirait si la distance des axes était invariable. La longueur des rayons vecteurs compris entre ces deux courbes représente exactement la variation de longueur de bielle correspondant au glissement, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, pour chaque position de la hausse; il suffit donc de prendre la plus grande différence de rayons vecteurs, soit au-dessus, soit au-dessous du cercle, et de donner à l'œil de l'un des deux axes un jeu égal, en distinguant le sens dans lequel il doit s'exercer. Au moyen de cette disposition, la hausse montée sur nos deux axes de rotation décrira rigoureusement ses développantes en roulant sans glisser.

Les dessins que nous présentons *fig.* 10, 11, 12 et 14, Pl. 175, supposent qu'on utilise les chevalets primitifs des hausses tels qu'ils ont été décrits dans notre mémoire de novembre et décembre 1861; il est évident que s'il s'agissait d'une application indépendante de chevalets faits d'avance sur des dimensions déterminées, on pourrait leur donner une disposition plus en harmonie avec les cylindres de roulement et les axes de rotation.

Digitized by Google

On remarquera que la bielle disposée comme nous venons de l'indiquer et comme elle est représentée sur les *fig.* 10, 11, 12 et 14, Pl. 175, permet, sans aucune nouvelle disposition particulière, le relèvement et le redressement avec le bateau de manœuvre d'une hausse couchée sur le radier ; mais quand une hausse, après avoir roulé sur ses cylindres, atteint le point de contact extrême et continue son mouvement de bascule sous l'action d'une crue, par exemple, elle s'inclinerait jusqu'à venir poser sa volée sur l'arc-boutant, si la bielle ne présentait des oreilles ou talons analogues à ceux des colliers de nos hausses ordinaires, et qui limitent l'angle de bascule à 15 degrés sous l'horizon. Cet angle a été choisi, parce qu'il permet, comme on le sait, le glissement du contre-poids mobile sur la volée et qu'il facilite le redressement de la hausse sous les pieds de l'éclusier, quand la passe vient d'être fermée.

Quand une hausse est couchée sur son radier, les cylindres de roulement en forme de cornes faisant saillie sur le plan du chevalet empêcheraient celui-ci de se reposer horizontalement, si l'on n'avait la précaution de réserver dans le radier une petite loge pour chaque cylindre, dont l'extrémité a d'ailleurs été disposée de manière à avoir sa section extrême dans un plan horizontal quand le chevalet est couché.

Les contre-poids ont, comme nous l'avons déjà dit, une influence insignifiante sur les mouvements d'oscillation d'une hausse ; nous avons dit aussi que pour une hausse oscillante le contre-poids mobile était seul conservé, et qu'il était déterminé par la condition que, parvenu au bout de sa course sur la volée, il puisse maintenir la hausse en bascule à sec, il sera bon de le déterminer par l'expérience et d'allonger sa course jusque vers le bout de la volée.

S'il arrivait en pratique qu'une hausse suspendue comme nous venons de l'expliquer fût trop sensible, il serait facile d'y remédier en ne donnant pas à l'œil de la bielle tout le

jeu nécessaire pour annuler le frottement de glissement sur les cylindres de roulement; ce frottement, conservé dans une certaine limite facile à déterminer par tâtonnement modérerait au besoin les oscillations trop sensibles d'une hausse.

Quand les hausses de déversoirs n'ont pas de barres à talons, on est libre de donner aux cylindres de roulement un certain développement; mais s'il s'agit de hausses ayant une barre à talons, les cylindres doivent être tels qu'ils ne la rencontrent pas lorsque la hausse vient se coucher sur le radier. Sur la *fig.* 14, Pl. 175, nous avons admis l'existence d'une barre à talons placée à la distance prévue dans nos projets primitifs de barrages, et c'est pour cela que nous avons dû remplacer les cylindres de $0^m.20$ de rayon par des cylindres elliptiques; mais nous devons ajouter qu'en réalité nos déversoirs n'ont pas de barres à talons, et qu'ensuite, si l'on voulait faire un projet de hausses oscillantes munies de barres à talons, il serait préférable d'écarter un peu ces dernières vers l'aval en modifiant la longueur et l'inclinaison des arcs-boutants de manière à réserver un espace suffisant pour le passage des cylindres de roulement d'un développement convenable.

Enfin sur les *fig.* 10, 11, 12, 14, Pl. 175, nous avons supposé que α, au lieu de varier seulement entre 10 degrés et 70 degrés, varierait de 10 degrés à 105 degrés, de sorte que le plan incliné à 15 degrés sous l'horizon qui limite le mouvement de bascule de la hausse est tangent aux cylindres de roulement à l'extrémité de la dernière normale de contact. Tel est le nouveau système de hausses que nous avions étudié en 1862 et dont nous aurions fait une application générale à nos déversoirs si nous n'avions trouvé dans l'emploi des chaînes une solution qui nous a paru préférable dans l'espèce. Toutefois cette étude conserve son intérêt et paraît, comme nous l'avons déjà dit, susceptible d'application.

Digitized by Google

Nous terminerons ici ce mémoire, qui forme le compte rendu de nos travaux et de nos recherches pendant la construction des barrages de la haute Seine. Nous espérons qu'il pourrait être consulté utilement par les ingénieurs qui auraient à s'occuper de travaux semblables.

Paris, le 21 mars 1866.

N. B. Si nous voulions nommer ici tous les agents qui nous ont aidé à recueillir les renseignements contenus dans ce mémoire et qui nous ont secondé dans l'exécution des grands travaux de la haute Seine, nous serions obligé de désigner presque tous les ingénieurs, conducteurs et entrepreneurs qui ne nous ont pas quitté depuis quatre années; cependant nous croirions manquer à un devoir impérieux si nous ne prions pas ici MM. les ingénieurs Lagout, Garceau, Boulé, et MM. les conducteurs, Papillon, Nicolle et Duprey, de recevoir le témoignage de notre vive reconnaissance pour leur habile et dévouée collaboration. (Note de M. Chanoine.)

Digitized by Google

CHRONIQUE.

Octobre 1868.

Sommaire. — Chemins de fer de la Suisse. — Bulletin bibliographique (*).

Chemins de fer de la Suisse. — M. Michel veut bien nous communiquer l'extrait suivant d'un travail de M. Bonna, administrateur du chemin de fer de l'Ouest-Suisse (**), sur le coût de construction, le mouvement et la dépense d'exploitation des chemins de fer suisses pendant l'année 1866.

Il ne sera pas sans intérêt de comparer ces résultats avec ceux des chemins de fer Français, donnés dans la chronique (mars et avril 1868).

Les tableaux n° 1 et n° 2 donnent les éléments des frais d'établissement et des recettes du réseau suisse.

N° 1. — *Tableau du coût de construction et produit net de l'exploitation en* 1866.

LONGUEURS.	NOMS DES COMPAGNIES.	COUT de construction.	PRODUIT NET de 1866.	PRODUIT.
kilomètres.		francs.	francs.	Pour 100.
99	Genève-Versoix et Fribourg. .	43 405 800	901 029.65	2.075
150	Ouest-Suisse.	71 463 000	1 923 5[illegible]9.55	2 692
72	Franco-Suisse.	25 650 000	597 799.56	2.324
38	Jura-Industriel.	17 417 500	180 607.04	1.036
86	Lignes de l'Etat de Berne. . . .	18 100 000	271 990.17	1.503
249	Central-Suisse.	81 417 500	4 507 791.98	5.536
178	Nord-Est-Suisse.	58 897 2[illegible]0	3 679 376.93	6.247
64	Zurich-Zug-Lucerne.	12 000 000	151 487.62	1.262
275	Union-Suisse.	84 368 950	2 160 390.34	2.560
1 211		412 720 000	14 374 072.83	3,482

(*) Renvoyé, faute d'espace, au numéro suivant.

(**) *Projet pour la centralisation du service et le rachat par la confédération des chemins de fer suisses. Genève*, 1868.

N° 2. — *Tableau du rendement des lignes suisses en 1866 :* 1.200 kilomètres (1).

NOMS DES COMPAGNIES.	LONGUEURS en kilom.	VOYAGEURS et bagages.	MARCHANDISES et divers.	REDEVANCES location de gares et produits spéciaux à chaque compagnie.	TOTAL des recettes.	TOTAL des dépenses.	REVENU NET.
		francs.	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.
Lausanne-Fribourg et Versoix.	99			4 561.08	1 817 554.95	916 525.30	901 029.65
Ouest-Suisse.	150	(2) 3 496 553.60	2 708 932.66	57 552.40	3 163 559.86	1 239 960.31	1 923 599.55
Franco-Suisse.	72			34 000.00	1 320 484.93	724 381.98	597 799.56
Jura-Industriel.	38	387 385.90	231 146.44	9 693 00	628 225.34	447 618.30	180 607 04
Lignes de l'État de Berne.	86	513 353 38	357 777.39	152 139.02	1 053 269.79	781 279.62	271 980 17
Central-Suisse.	238	3 164 176.71	4 215 412.98	265 564.13	7 645 153.82	3 137 361.84	4 507 791.98
Nord-Est-Suisse.	178	2 327 551.90	3 585 004.49	433 651.25	6 346 207.64	2 666 830.71	3 679 376.93
Zurich-Zug-Lucerne.	64	419 541.02	308 625.60	45 216.48	773 183.10	621 695.48	151 487.62
Union-Suisse.	275	2 080 521.13	1 968 255.53	128 605.95	4 177 382.61	2 016 992.28	2 160 390.33
	1 200	12 418 883.64	13 375 155.09	1 130 983.31	26 925 022.04	12 552 645.82	14 374 072.83
Moyenne par kilomètre.		10 349.07	11 145.96	942.48	22 437.51	10 460.54	11 976.97

OBSERVATIONS.

(1) La différence de 11 kilomètres, entre ce tableau et celui qui donne la longueur exacte des lignes, provient de la section *Berne-Singine* (frontière fribourgeoise), donnée à bail par le Central-Suisse à l'Association des chemins de fer de la Suisse Occidentale, et dont le produit figure dans les recettes spéciales de la compagnie du Central-Suisse. Les chiffres donnés par les statistiques des compagnies sont établis sur une longueur générale de 1 200 kilomètres.

(2) L'on a déduit des recettes effectives de l'Association :

100 000 fr. sur le produit des voyageurs
80 000 fr. sur celui des marchandises
} comme représentant les recettes brutes provenant de la section Berne-Singine prise à forfait du Central pour 115 000 fr. par an.

Digitized by Google

Il résulte de ces chiffres qu'en moyenne, sur une longueur de 1200 kil. comptés dans les statistiques des Compagnies, la recette brute par kilomètre est de. . . fr. 22 437.51
contre une dépense de. 10 460.54

Soit, par kilomètre, une *recette nette* de. 11 976.97

Soit, 53.38 p. 100 de *produit net* contre une *dépense* de 46.62 p. 100.

Le coût de la construction ressort à 340,809 francs par kilomètre, non compris les subventions en nature fournies par les cantons ou les communes.

Si on considère tous les chemins de la Suisse comme un seul réseau, on voit que le rendement des voyageurs n'est que de 10 000 francs; tandis qu'en France il est de 15 000 francs par kilomètre; que le rendement des marchandises est à peu près égal à celui des voyageurs (11 000 francs par kilomètre); tandis qu'en France il est presque le double (30 000 francs en moyenne). Le *Central-Suisse* et le *Nord-Est* sont les deux seules compagnies, où le produit des marchandises dépasse le produit des voyageurs. Ce sont aussi les seules qui donnent des bénéfices suffisants à leurs actionnaires, comme on le voit par le tableau n° 1.

Enfin le produit du transport des voyageurs couvre à lui seul le total des dépenses d'exploitation.

N° 3. — *Tableau du nombre de voyageurs et de tonnes de marchandises transportés sur les lignes suisses en* 1866, *avec indication du rendement moyen :*

1200 kilomètres.

LONGUEURS en kilomètres.	NOMS DES COMPAGNIES.	NOMBRE des voyageurs.	TONNES de marchandises.	PRODUIT d'un voyageur sans bagage.	PRODUIT d'une tonne de marchandises.
321	Suisse-Occidentale.	2 193 390	365 944	1.52	6.92
38	Jura-Industriel.	360 468	23 782	0.99	8.20
86	Lignes de l'Etat de Berne.	510 914	141 844	1.01	2.35
238	Central-Suisse.	1 921 740	616 328	1.52	6.10
178	Nord-Est.	2 066 601	542 092	1.07	6.39
64	Zurich-Zug-Lucerne.. . . .	284 686	53 667	1.39	5.63
275	Union-Suisse.	1 826 052	288 900	1.09	6.44
1 200 kil.	Total et moyenne de rendement. . .	9 164 053	2 032 557	1.28	5.94

Il ressort des tableaux n°s 2 et 3 qu'en 1866 :

1° La recette des voyageurs, sans y comprendre les bagages et les chiens, a été de :

	francs.
9 164 053 voyageurs, ayant payé.	11 728 253.14
Soit un rendement *par voyageur* de $1^f.28$ en moyenne.	

2° La recette des marchandises, à l'exclusion des produits spéciaux classés séparément dans les statistiques des compagnies, a été de :

2 032 557 tonnes, ayant produit.	12 071 929.89
Soit un rendement *par tonne transportée* de $5^f.94$ en moyenne.	
Le produit des bagages, sur tout le réseau, a été en 1866 de. .	785 154.73
Les produits divers, autres que les marchandises payant au poids, ont produit.	1 208 700.97
Les redevances de gares et loyers, ainsi que les recettes spéciales relatives aux diverses lignes.	1 130 983.31
Total des recettes brutes en 1866.	26 925 022.04

Le produit moyen d'un voyageur est de $1^f.28$, moitié du chiffre obtenu en France, où grâce à l'extension des réseaux on trouve en moyenne $2^f.50$. Le nombre des voyageurs, qui est de 7 600 par kilomètre est plus élevé que la moyenne observée pour la France (6400 voyageurs par kilomètre), mais il est sensiblement le même que celui du réseau des chemins de fer de l'Est.

Pour les marchandises, au contraire, on trouve en Suisse 1750 tonnes par kilomètre, tandis qu'en France la moyenne est de 3 000 tonnes. Le chemin de fer du Nord, en particulier, a reçu 5 600 tonnes par kilomètre en 1866.

Il est à remarquer que chaque Compagnie, établissant ses statistiques pour son réseau particulier, le nombre des voyageurs est augmenté par le fait des voyageurs de transit qui comptent ainsi sur plusieurs lignes. Dans le cas d'une exploitation unique, le nombre des voyageurs serait moindre, mais le rendement meilleur. Il en est de même du nombre de tonnes de marchandises transportées.

Le tableau n° 4 résume les dépenses d'exploitation des lignes suisses.

Les dépenses de traction s'élèvent à 4455 francs sur 10460 francs. Le rapport à la dépense totale est ainsi des $\frac{3}{7}$, tandis qu'en France il ne dépasse pas, en général, les $\frac{1}{3}$. Cette augmentation doit être attribuée, d'une part, aux pentes de 0.020 à 0.027 qui ont été admises sur plusieurs lignes du réseau suisse, et d'autre part au nombre de trains affectés au transport des voyageurs dont la proportion par kilomètre, comme on l'a fait remarquer plus haut, est plus élevée que celle que l'on a observée en France.

N° 4. — *Tableau de la classification générale des dépenses relatives à l'exercice de 1866 sur les chemins de fer suisses.*

1 200 kilomètres.

LONGUEUR kilométrique.	NOMS DES COMPAGNIES.	ADMINISTRATION générale (1)	SERVICE et entretien de la voie.	SERVICE d'expédition, contrôle, gares et stations.	SERVICE de traction, machines et wagons.	LOCATIONS et dépenses diverses de l'exploitation.	TOTAL par kilomètre.	TOTAL.
		(a) francs.	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.
99	(2) Lausanne-Fribourg et Versoix.	S. O. 23 322.20 P. 14 381.92				S. O. 26 423.32 P. 50 000.00	9 257.83	916 525.30
150	(2) Ouest-Suisse.	S. O. 35 337.50 P. 31 402.77	481 500.00	823 572.00	1 297 911.30	S. O. 40 036.50	8 266.40	1 239 960.31
72	(2) Franco-Suisse.	S. O. 16 963.28 P. 20 800.00				S. O. 19 216.80	10 060.85	724 381.98
38	Jura-Industriel.	37 306.20	108 512.49	90 527.09	180 924.52	30 258.00	11 779.42	447 618.30
86	Lignes de l'État de Berne.	37 333.72	153 470.41	115 049.11	258 760.59	216 665.79	9 084.64	781 279.62
238	Central-Suisse.	81 654.65	610 766.63	995 948.97	1 374 596.74	71 394.85	13 182.19	3 137 [illegible]61.84
178	(3) Nord-Est-Suisse.	114 892.78	791 446.65	853 4[illegible]9.06	1 453 934.14	57 106.20	14 982.20	2 666 830.71
64	Zurich-Zug-Lucerne.					17 689.36	9 714.00	621 695.48
275	Union-Suisse.	63 883.30	489 198.28	683 782.60	730 128.10	»	7 334.52	2 016 992.28
1 200		480 538.32	2 634 924.46	3 562 338.83	5 346 255.39	528 788.82	Moy° 10 460.54	12 552 645.82
	Dépense annuelle par kilom.	400.28	2 195.78	2 968.61	4 455.22	440.65		

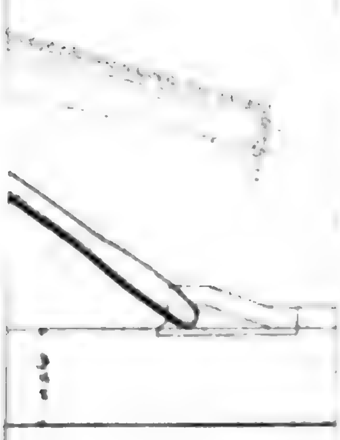
(1) Y compris les frais d'administration financière des compagnies, qui, d'après le projet, resteront à la charge de ces dernières.

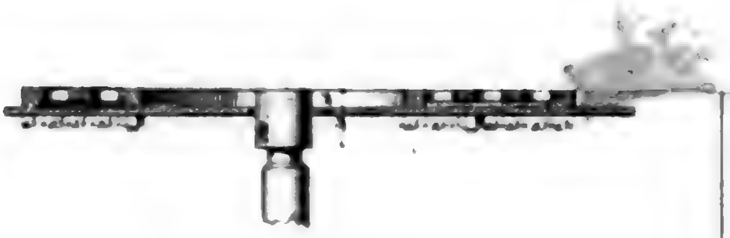
(2) Les résultats ci-dessus sont approximatifs comme *répartition* pour les dépenses d'exploitation des trois premières lignes dont le service se fait à l'entreprise. Pour toutes les autres lignes ils sont extraits des comptes rendus de 1866.

La différence du coût dans les dépenses kilométriques des trois premières lignes provient du plus ou moins de matériel possédé par chacune d'elles, et des redevances de gares payées par la compagnie de Fribourg à Lausanne et Genève.

(3) **Les dépenses totales du Nord-Est-Suisse, réparties sur toutes** les lignes exploitées, font ressortir une moyenne kilométrique de 12 389f.54, mais cette moyenne diffère sensiblement pour chacune des lignes exploitées par cette compagnie.

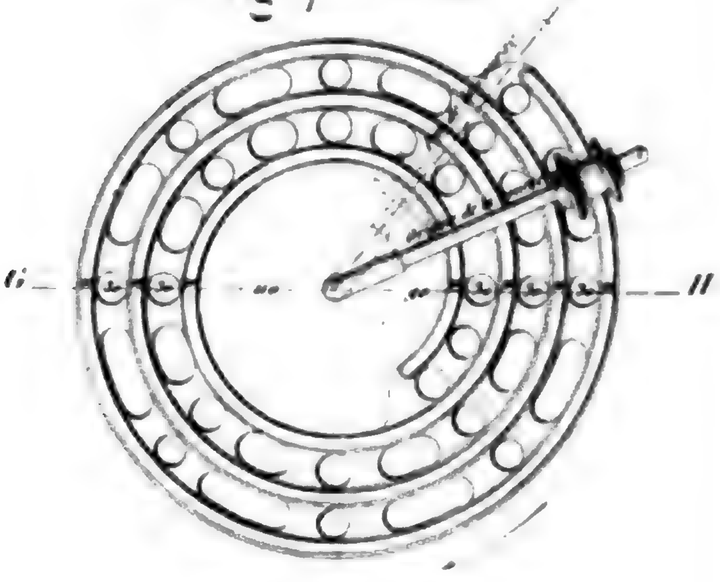
(a) Les trois premières compagnies ont formé une association sous le nom de Suisse-Occidental (S. O.) pour l'exploitation de leurs réseaux. Les dépenses d'administration qui sont spéciales à chaque compagnie sont indiquées par un (P.). Le service de traction, d'entretien et d'expédition des marchandises est pris à forfait depuis le 1er janvier 1865 par une société particulière pour toute la Suisse occidentale, au prix de 8000 francs par kilomètre pour une recette brute de 18 000 francs et une part sur les recettes si elles dépassent 18 000 francs.





...ent.

D Fig. 17. Plan



Echelle B de 0m Echelle C de 0m.15 pour mètre.

0.5 1 0.2 0.3 0.4 0.5 décimètres

Gravé par Dulos

N° 201

NOTICE NÉCROLOGIQUE

Sur M. Busche,

Inspecteur général des ponts et chaussées,

Par M. RUMEAU, inspecteur général des ponts et chaussées.

M. Jacques Alphonse Busche, inspecteur général des ponts et chaussées de première classe, commandeur de la Légion d'honneur, commandeur de l'ordre des Saints Maurice et Lazare d'Italie, chevalier de l'ordre de Léopold de Belgique, est décédé à Paris, le 21 septembre 1868, dans sa soixante-cinquième année. Le corps des ingénieurs et l'administration des ponts et chaussées ne pouvaient faire une perte plus sensible et plus regrettable.

M. Busche était né à Paris le 3 décembre 1803.

Sa mère était une femme distinguée, qu'il eut le malheur de perdre de bonne heure. Elle put néanmoins veiller à son éducation et prodiguer à son enfance ses soins et sa tendresse.

Son père ne mourut que dans un âge très-avancé et ne le précéda que de peu d'années dans la tombe. C'était un homme aimable et un érudit. Il fut élève des Écoles polytechnique et des mines à leur fondation, puis auditeur au conseil d'État et préfet sous l'Empire, et plus tard directeur de la réserve d'approvisionnement des grains de la ville de Paris, jusqu'à la suppression de cet établissement en 1831.

Son fils hérita de son goût pour l'étude et le travail. Il

fut sérieux et réfléchi de bonne heure, et l'on peut dire qu'il n'eut point de jeunesse; mais sa gravité naturelle fut toujours tempérée par un inépuisable fond de bonté, d'indulgence et de modestie, qui rendaient ses relations aussi agréables que sûres.

M. Alphonse Busche fit ses études au lycée Napoléon et les termina au lycée Saint-Louis. Il s'y distingua également dans les sciences et dans les lettres, et il est peut-être bon de faire remarquer, pour l'exemple et l'enseignement des jeunes ingénieurs, que son talent d'écrivain le servit merveilleusement dans sa longue et laborieuse carrière, et ne contribua pas peu à mettre en évidence les autres facultés de cet éminent esprit.

Entré à l'école polytechnique en 1823, et à l'école des ponts et chaussées en 1825, il y apporta toute l'intelligence, toute l'application et tous les genres de supériorité qui avaient signalé ses premières études.

A la sortie de l'école des ponts et chaussées, en 1828, il fut employé au service ordinaire du département de l'Ardèche, à la résidence de Privas, d'abord en qualité d'élève hors de concours, et ensuite en qualité d'aspirant ingénieur.

En 1830, il fut nommé ingénieur ordinaire et passa au service du canal de Berry, alors en construction, à la résidence de Bourges.

Il fut chargé ensuite (1833) des ports maritimes de commerce de la Charente-Inférieure, à la résidence de La Rochelle. Les services qu'il rendit dans ce poste lui valurent un témoignage des plus flatteurs de la part de M. Lescure de Bellerive, son ingénieur en chef. En informant M. le directeur général des ponts et chaussées, le 21 février 1835, de l'ouverture du bassin à flot de La Rochelle, M. Lescure s'exprimait ainsi : « En vous rendant compte « du résultat des travaux qui ont été exécutés pour rem« plir les vues de l'administration des ponts et chaussées,

« je dois signaler à l'intérêt du magistrat qui la dirige, le « zèle, les talents, l'activité infatigable de l'ingénieur qui « a été chargé de cette importante opération. »

« Je ne puis, monsieur le directeur général, faire un éloge « assez étendu des qualités de ce sujet distingué qu'en di- « sant qu'il s'est pénétré de l'importance de sa mission, et « qu'il a pleinement justifié votre confiance. »

Après avoir si honorablement rempli cette tâche, M. Busche passa, en 1836, au service de l'arrondissement et du port du Havre, où, pour prix de ses services, il fut nommé ingénieur ordinaire de première classe la même année, et décoré de la Légion d'honneur l'année suivante.

En 1838, après la formation de la compagnie du chemin de fer dit des Plateaux, de Paris au Havre et à Dieppe, il reçut, avec un congé illimité, l'autorisation de se mettre au service de cette compagnie ; mais il ne tarda pas à se retirer, quelques mécomptes l'ayant déterminé à rompre ses engagements avant la dissolution de la compagnie, qui, ainsi qu'on le sait, renonça bientôt elle-même à sa concession.

Rappelé à Paris en 1839, M. Busche y fut d'abord chargé de travaux administratifs auprès de M. Legrand, directeur général des ponts et chaussées, qui avait pu apprécier dès longtemps l'utilité de sa coopération, et qui lui confia ensuite sous les ordres de M. l'ingénieur en chef de la Seine, le contrôle et la surveillance des travaux des compagnies dans ce département.

En 1840, il fut envoyé dans le département du Calvados, pour y remplir les fonctions d'ingénieur en chef des travaux du canal de Caen à la mer ; mais il y était à peine installé qu'il reçut une nouvelle mission et fut appelé, en la même qualité, à Lille, pour la construction des chemins de fer de Lille et de Valenciennes à la frontière de Belgique. L'ouverture de ces deux chemins lui valut, en 1842, le grade d'ingénieur en chef, dont il remplissait déjà les fonctions depuis deux ans, et la décoration de l'ordre de Léopold de Belgique.

Avant l'ouverture de ces deux sections, les attributions de M. Busche, dans la construction du chemin de fer du Nord, avaient été étendues jusqu'à Amiens, et sa résidence avait été transférée à Arras. A l'inauguration de ce chemin, le 14 juin 1846, il fut promu au grade d'officier de la Légion d'honneur, et peu après (6 septembre 1846) appelé aux fonctions de secrétaire du conseil général des ponts et chaussées.

C'est à cette occasion que M. Legrand, sous-secrétaire d'État des travaux publics, lui écrivait : « Je suis charmé, « Monsieur, après la tâche laborieuse que vous venez d'ac- « complir d'une manière si distinguée, d'avoir pu vous « appeler à un poste d'honneur, dans lequel, je n'en doute « pas, vous continuerez sous une autre forme à donner les « mêmes preuves de talent et d'activité. »

M. Busche a rempli ces délicates fonctions pendant sept ans, et tout le monde sait avec quelle distinction et quel succès. Aussi lui ont-elles valu successivement le grade d'ingénieur en chef de première classe (1er février 1848), et celui d'inspecteur général de deuxième classe (8 mars 1852).

En 1853, l'administration lui confia la direction des études des chemins de fer du centre de la France, et peu après (1854) le service de la seizième inspection, dans laquelle étaient compris en grande partie ces chemins.

L'année suivante, il fut chargé de la septième inspection, comprenant l'important service du port de Marseille, où son expérience et ses talents trouvèrent une nouvelle occasion de se manifester.

En 1856, après une mission remplie en Espagne pour les chemins de fer concédés à la société du Crédit mobilier, il passa, en vertu d'un congé illimité, au service de la compagnie des chemins de fer Lombards-Vénitiens et de l'Italie centrale, en qualité de directeur général. Cette importante mission, qui transportait le théâtre de ses opérations sur le territoire italien de l'Autriche, devait prendre fin avec la

guerre entreprise par la France, en 1859, contre cette puissance, pour la délivrance de l'Italie.

Le patriotisme de M. Busche lui fit prendre une prompte résolution et ne lui permit pas d'hésiter un instant entre son devoir et son intérêt. La guerre n'était pas encore déclarée, qu'il écrivait de Vérone à M. le Ministre des travaux publics, le 26 avril 1859 :

« Monsieur le Ministre,

« Le 21 de ce mois, l'autorité militaire ayant mis en « réquisition tout le matériel des chemins de fer et fait « suspendre les trains publics, j'ai écrit au conseil d'admi- « nistration de la compagnie, à Vienne, qu'il ne m'était plus « possible de conserver la direction de ce chemin de fer, « qui cessait d'être une voie commerciale pour devenir ex- « clusivement militaire. Je demandais en conséquence que « le conseil voulût bien prendre immédiatement des mesures « pour assurer le service avant mon départ.

« Aujourd'hui, la guerre n'étant plus douteuse, je viens « de m'entendre avec M. Diday (ingénieur des mines, son « compatriote et son collaborateur), pour remettre la direc- « tion de l'exploitation à l'un de nos principaux employés, « et j'ai envoyé à Vienne une dépêche télégraphique pour « en avertir le conseil ; je l'ai prié d'envoyer ici une per- « sonne à qui je ferai la remise définitive de tout le service.

« Je serai probablement obligé de rester ici encore quel- « que temps pour mettre en ordre les affaires de la com- « pagnie ; mais mon intention est de rentrer en France le « plus tôt possible. »

M. Busche rentra en effet dès le mois de mai suivant ; mais obligé de revenir ensuite à Vienne pour terminer le règlement des affaires de la compagnie, il ne quitta définitivement le service étranger que le 1er août 1859, date à laquelle il se remit à la disposition de l'administration française.

Remis en activité en mai 1860, il fut occupé d'abord d'un travail général sur de nouvelles lignes à classer dans le réseau des chemins de fer français, et chargé ensuite de la sixième inspection, dans laquelle se trouvaient compris les départements de la Savoie et des Alpes-Maritimes, nouvellement annexés. L'organisation du service de ces départements et les grands travaux qui allaient y être exécutés réclamaient une direction ferme et intelligente, qui ne pouvait être confiée à de meilleures mains.

C'est aussi en qualité d'inspecteur de cette division que M. Busche a été appelé à prendre part comme plénipotentiaire français à la convention passée avec l'Italie pour le percement des Alpes à travers le mont Cenis. Cette mission, en quelque sorte diplomatique, lui a valu la décoration de commandeur de l'ordre des Saints Maurice et Lazare, qui lui a été conférée le 24 juin 1862.

Le 1er mars 1864, l'administration lui a confié le service de la première inspection, comprenant le département de la Seine et les départements circonvoisins, les travaux des ports de Rouen, du Havre et de Dieppe, la navigation de la Seine et tous les grands travaux qui s'exécutent autour de la capitale. Cette nouvelle mission a été pour lui l'occasion de nouveaux et signalés services, dont il a été récompensé peu après (1er décembre 1864) par la nomination au grade d'inspecteur général de première classe.

Depuis, loin de se reposer, M. Busche n'a fait que redoubler d'activité. Après l'avoir affranchi du travail obligé d'une inspection, l'administration a pu employer ses talents selon les besoins généraux du service. Son ardeur et sa capacité ne se sont pas démenties dans cette dernière épreuve; ses remarquables rapports de chaque jour, le nombre et l'importance des affaires qu'il a traitées en font foi. Une dernière récompense, la décoration de commandeur de la Légion d'honneur, lui a été accordée le 8 août 1867. Elle n'a été qu'un stimulant et un appel à de nouveaux

efforts; mais la nature a été vaincue, et notre infatigable camarade a fini par succomber à l'épuisement occasionné par une incessante application.

Nous le regretterons longtemps; il laisse dans le conseil et dans le corps des ponts et chaussées tout entier un vide irréparable. Sa parfaite mesure en toutes choses, sa simplicité, sa modestie, la solidité de son jugement et de son instruction, sa grande expérience des affaires et des travaux de toute sorte, son esprit de conciliation, la facilité et la correction de sa parole et de ses écrits donnaient à ses opinions un tel caractère d'autorité, qu'on était comme fâché et en quelque sorte mécontent de soi quand on ne pouvait partager son avis. Il jouissait de l'estime générale et inspirait une telle confiance qu'on se disputait son concours pour la solution des questions les plus graves en matière de travaux publics. Il n'excita et ne connut jamais l'envie; tout le monde lui rendait justice. Aussi, malgré une certaine réserve qui le rendait peu communicatif, mais qui n'était peut-être qu'une qualité de plus, est-il vrai de dire qu'il n'eut que des amis.

Après avoir été marié deux fois, M. Busche laisse de sa seconde femme, restée veuve encore jeune et malheureusement dans un triste état de santé, deux fils élevés sous ses yeux, et auxquels il lègue, mieux encore que de la fortune, un rare modèle de conduite et l'exemple d'une vie laborieuse remplie par la pratique de tous les devoirs.

N° 202

NOTICE

Sur le barrage construit en 1867 sur la Marne, à Joinville (Seine).

Par M. MALÉZIEUX, ingénieur des ponts et chaussées.

Le barrage que l'on vient de construire à Joinville, à 7 kilomètres de Paris, est le dernier de ceux qui avaient été projetés pour l'amélioration de la navigation de la Marne entre Dizy (embouchure du canal latéral) et la Seine. Des treize autres barrages, quatre étaient terminés dès l'année 1862, les neuf derniers le furent en 1865. D'utiles modifications, suggérées par l'expérience acquise, ont pu être introduites dans l'établissement du barrage de Joinville. Cet ouvrage présente notamment la dernière expression du remarquable système de hausses mobiles imaginé par M. l'inspecteur général Louiche-Desfontaines ; les détails en avaient été perfectionnés jusqu'à la fin sous son inspiration. Sa mort, arrivée le 10 octobre 1867, ne précéda que de quelques semaines l'achèvement du travail.

La présente notice est divisée ainsi qu'il suit :

§ 1er. — Double objet du barrage de Joinville. — Dispositions générales.
§ 2. — Modifications apportées au projet primitif des engins mobiles.
§ 3. — Description sommaire du déversoir.
§ 4. — Détails sur le fonctionnement des hausses.
§ 5. — Renseignements divers sur le barrage.
§ 6. — Tambours métalliques. — Des limites d'application du système de barrage de M. Desfontaines.

§ 1er. — *Double objet du barrage de Joinville. — Dispositions générales.*

Un barrage existait déjà depuis quarante ans sur la Marne, à Joinville. On l'avait construit pour surélever les eaux jusqu'à 1m.50 de hauteur minimum dans le canal de Saint-Maur et pour créer en même temps une chute d'eau qui détermina l'établissement d'usines importantes sur les bords de ce canal. Les besoins de la navigation s'étant profondément modifiés, on pensa d'abord à exhausser de 0m.60 l'ancien barrage, ce qui suffisait pour donner 1m.60 de tirant d'eau en rivière depuis l'extrémité d'amont du canal de Saint-Maur jusqu'à l'extrémité d'aval du canal de Chelles. Mais la ville de Paris était devenue, en 1864, propriétaire des usines de Saint-Maur; la force motrice allait désormais servir à élever l'eau de la Marne pour l'alimentation des lacs de Vincennes et des quartiers hauts de la capitale. La ville demanda, en offrant de concourir à la dépense, que l'exhaussement du barrage de Joinville fût porté à 1 mètre. C'était à peu près la limite la plus élevée qu'on pût admettre sans inconvénient grave, sinon au point de vue de la submersibilité des rives d'amont, du moins au point de vue de la hauteur de chargement des bateaux charbonniers qui circulent sous la voûte du canal de Saint-Maur. Les propositions de la ville furent accueillies par l'État.

Cette condition d'assurer avec la plus grande régularité le service si important de l'usine municipale était pour le nouveau barrage une sujétion de premier ordre. Il était, d'autre part, essentiel à la navigation qu'on pût aisément prévenir toute surélévation un peu notable de la retenue. Enfin, un décret du 9 août 1864, en autorisant la ville de Paris à puiser dans la Marne à Joinville un volume d'eau d'un demi-mètre cube par seconde, avait stipulé qu'un volume minimum de 5 mètres cubes serait en tout temps réservé au tour de Marne, grand circuit que forme la rivière d'une extré-

mité à l'autre du canal de Saint-Maur, sur 13 kilomètres de longueur.

Pour satisfaire sûrement à ces conditions nouvelles, il eût fallu remanier la presque totalité du vieux barrage. On jugea préférable d'en construire un autre.

L'emplacement en fut déterminé par deux considérations d'ordres différents : d'abord, suivant une règle adoptée par M. Desfontaines dans la distribution de tous les barrages de la Marne, on devait choisir (autant que possible) un haut-fond pour diminuer la profondeur des fondations et se placer à l'aval de ce haut-fond en vue du tirant d'eau à produire en rivière ; puis, en se portant (comme on l'a fait) à 420 mètres en aval de l'ancien barrage, on créait entre le nouveau barrage et la tête du canal de Saint-Maur un bassin d'eau calme ayant 5 hectares de superficie et très-propre à servir de lieu de stationnement aux bateaux et trains qui, de là, et par les canaux de Saint-Maur et de Saint-Maurice, peuvent en tout temps descendre rapidement jusqu'à Paris.

L'importance du tour de Marne au point de vue de la navigation et du flottage est presque nulle et ne peut que décroître encore, maintenant que le canal de Saint-Maurice remplace si avantageusement les quatre derniers kilomètres de la rivière. Aussi, dans l'établissement du nouveau barrage de Joinville, s'est-on borné à reproduire le pertuis ou passe navigable qui existait dans l'ancien, avec sa largeur de 12 mètres seulement et son seuil à 0^{m}.50 en contre-bas de l'étiage (abaissé) d'aval. Quant au déversoir fixe qui formait la partie principale de l'ancien barrage, en le raccourcissant de quelques mètres et abaissant la crête de 0^{m}.10, on a conservé aux grandes eaux le débouché dont la convenance avait été antérieurement reconnue et démontrée.

Un pertuis de 12 mètres, accolé à la rive gauche, et un déversoir fixe de 63 mètres, surmonté de hausses mobiles de 1^{m}.10 de hauteur, dont le sommet est à 2^{m}.50 au-dessus du plafond du canal de Saint-Maur ; voilà de quoi se com-

pose essentiellement le nouveau barrage de Joinville. Avec les deux culées et la grosse pile qui sépare le déversoir du pertuis, l'ensemble a près de 100 mètres de longueur.

La chute du barrage est de 2m.16 en étiage.

Lors des basses eaux qui subsistaient encore au commencement de décembre 1867, l'usine municipale de Saint-Maur s'est trouvée en possession de 5 mètres de chute et de 680 chevaux de force utile.

§ 2. — *Modifications apportées au projet primitif des engins mobiles.*

Il avait d'abord paru naturel d'adopter pour le barrage de Joinville les engins mobiles précédemment admis pour les barrages supérieurs. Le pertuis devait être en conséquence fermé par le système des vannes à bascule mobiles sur un chevalet qui tourne lui-même autour de sa base (*). Le déversoir devait présenter le spécimen le plus complet des hausses imaginées par M. Desfontaines, y compris les béquilles qu'on peut voir dans certains autres barrages, articulées par une de leurs extrémités contre la face d'aval des hausses qu'elles peuvent maintenir partiellement levées. D'autre part, pour pouvoir visiter et au besoin réparer tous ces engins sans abaisser la retenue, on aurait subdivisé le déversoir en travées de 12 mètres par des piles susceptibles de recevoir momentanément, comme le pertuis, des poutrelles en sapin. Telles étaient les dispositions prévues dans un premier projet approuvé par décision ministérielle du 9 juin 1865.

Cependant les neuf barrages terminés cette année-là même avaient commencé leur service normal, et l'épreuve des faits mettait en relief certains inconvénients des vannes à bascule, sur lesquels on n'avait eu jusqu'alors que des inquiétudes croissantes. Des crics se cassaient dans les per-

(*) Le système Chanoine-Carro.

tuis, des barres à talons refusaient de se mouvoir. Le relevage des vannes était partout une opération laborieuse, surtout quand on approchait de la fin. Des vannes s'abattaient, longtemps après le relevage complet, par l'échappement spontané de l'arc-boutant dont le pied ne s'était qu'imparfaitement fixé sur le heurtoir; et il fallait mettre en chômage le bief d'amont pour relever les vannes à nouveau. Ailleurs, parce que l'eau avait accidentellement baissé sur le radier d'aval et ne constituait plus un matelas suffisant pour amortir, ces grands panneaux de charpente et fer s'ébranlaient par le choc violent de l'abatage. On avait vu à Damery une vanne se soulever sous un bateau qui l'entraîna en l'arrachant de ses gonds.

Nous ne voulons pas faire ici le procès du système des vannes à bascule, ni examiner si les accidents dont il s'agit n'auraient pas pu être évités par certaines précautions spéciales ou par une précision plus grande dans la pose et l'ajustage des pièces. Nous sommes toutefois porté à croire que ce système ingénieux, mais compliqué, ne présentait que des avantages contestables sur un cours d'eau comme la Marne, qui n'est pas exposé à des crues torrentielles et ne comporte que des retenues de hauteur restreinte.

C'est dans cet ordre d'idées qu'on a proposé de revenir, pour le pertuis de Joinville, au système relativement si simple et si judicieux de M. l'inspecteur général Poirée. La chute n'est ici que de $2^{m}.16$. Objectera-t-on la difficulté, la lenteur, le danger de manœuvre des aiguilles? Mais d'abord le pertuis de Joinville ne servira pas au règlement de la retenue; outre le déversement spontané s'opérant par-dessus les hausses sur une longueur de 63 mètres, ces hausses s'abattront en tel nombre qu'on voudra. On commencera par les abattre toutes, dans les rares occasions où l'on voudra faire passer des bateaux par le pertuis. Enfin, on ne manœuvrera guère les aiguilles qu'à la veille des crues susceptibles de produire des débordements, c'est-à-dire quand

la chute considérablement affaiblie n'opposera presque plus de résistance au maniement des aiguilles. Les deux systèmes de M. Desfontaines et de M. Poirée s'unissent ainsi en se complétant de la façon la plus harmonieuse, et cette combinaison peut être, en principe, la solution la plus généralement applicable à l'amélioration de nos rivières.

Le projet primitif du barrage de Joinville a donc été modifié sur ce point important. La décision ministérielle du 12 juillet 1866, approbative du nouveau projet, autorisait plusieurs autres changements de détail, ceux-ci notamment : 1° suppression des béquilles dans les hausses du déversoir ; 2° suppression des piles intermédiaires destinées à soutenir éventuellement des batardeaux à poutrelles de 12 mètres, et substitution de petites fermettes soutenant des poutrelles de 3 mètres seulement de longueur.

§ 3. — *Description sommaire du déversoir.*

Le système de hausses de M. Desfontaines est encore aujourd'hui si peu connu, bien qu'il fonctionne avec un plein succès au barrage de Damery depuis 1857 et au barrage de Courcelles depuis 1861, qu'il peut n'être pas inutile d'en donner ici une description au moins sommaire. Mais d'abord, pour faire mieux comprendre le mode d'installation des appareils au milieu de la rivière, nous passerons rapidement en revue les principaux aspects qu'a présentés la construction du déversoir de Joinville du mois de juin au mois de novembre 1867.

Le déversoir est compris entre deux files de pieux et palplanches moisées et espacées de 8 mètres d'axe en axe. Les moises d'amont sont au niveau du seuil fixe, à $1^{m}.10$ en contre-bas de la retenue ; les moises d'aval sont au niveau de l'étiage (approximativement déterminé pour un débit de 5 mètres cubes par seconde). On n'a d'ailleurs battu ces enceintes qu'après avoir creusé avec le bateau-

Digitized by Google

dragueur la fouille du béton de fondation, y compris deux parafouilles de $0^{m}.50$ de largeur au fond et 1 mètre de profondeur supplémentaire.

La détermination du fond de la fouille dans la partie centrale préoccupait M. Desfontaines au double point de vue des infiltrations possibles et de la dépense. Il considérait comme un minimum une épaisseur de $1^{m}.20$ à donner au béton en dessous de la plate-bande de $0^{m}.40$ qui forme le pied du glacis et affleure l'étiage d'aval. Puis il recommandait de descendre le béton autant qu'il serait nécessaire pour pénétrer d'environ $0^{m}.50$ dans le fond naturel de la rivière. Contrairement à l'opinion de certains ingénieurs, il n'admettait pas de remplissage intermédiaire en enrochements, alléguant que le passage de l'eau à travers les moellons finit toujours par en modifier l'état d'équilibre, et par créer des vides compromettants pour la maçonnerie supérieure. Même avec la précaution de s'établir sur des hauts-fonds, on a souvent été conduit à augmenter au delà de $1^{m}.20$ l'épaisseur du béton par cette circonstance que, le travail ne pouvant s'exécuter que sur une moitié de la rivière à la fois, les eaux momentanément rassemblées sur la moitié qui se construira la dernière y approfondissent en général le lit naturel. Cette épaisseur n'avait pas dépassé moyennement $1^{m}.35$ dans les barrages précédemment construits. A Joinville, par l'effet de crues anormales et intempestives, l'épaisseur moyenne du béton a atteint $1^{m}.60$.

Qu'on suppose maintenant le béton coulé suivant une plate-forme de 8 mètres de largeur et de 63 mètres de longueur à peu près. On comptait d'abord opérer à Joinville, comme on l'avait pu faire aux barrages supérieurs de la Marne pendant les années 1863, 1864 et surtout 1865, années remarquables par leur sécheresse ; on eût dans cette hypntqèse élevé deux minces batardeaux en béton sur la plate-forme même. Mais déjà en 1866 les eaux étaient restées constamment hautes; les premiers coulages de béton

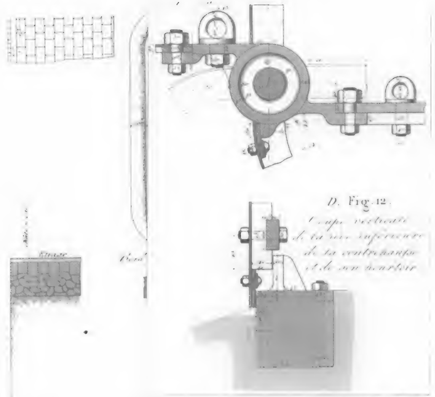
avaient été brusquement interrompus et le chantier bouleversé en septembre et octobre. Jusqu'au milieu de juillet 1867, on put craindre de voir encore la campagne entièrement compromise. Cette crainte conduisit à établir en dehors des enceintes de pieux et palplanches deux grands batardeaux en terre, l'un à l'amont et l'autre à l'aval du déversoir.

A l'abri de ces batardeaux, on construisit sur le béton de fondation un massif de maçonnerie dans lequel était ménagé un vide central, une sorte de coffre ouvert par en haut sur 2m.12 de largeur et régnant d'un bout à l'autre du déversoir. La section transversale de ce vide figure à peu près un quart de cercle et un rectangle accolés, le quart de cercle du côté d'amont, le rectangle du côté d'aval et moins large que haut. Les deux bords de l'ouverture sont formés de plates-bandes en pierre de taille : celle d'amont est arasée à 1m.10 en contre-bas de la retenue, c'est le seuil fixe du déversoir; celle d'aval, placée à 0m.12 plus bas, forme le commencement du glacis curviligne sur lequel doit couler la lame déversante. Quand cette cavité en maçonnerie de 63 mètres de longueur est convenablement préparée, on la divise en tronçons ou tambours de 1m.50 de longueur au moyen de grandes plaques de fonte transversales. Ces plaques ou diaphragmes pénètrent de 0m.08 dans la maçonnerie sur tout le périmètre de la cavité. Chaque diaphragme est percé de deux grandes ouvertures : l'une est à l'amont, vers le haut du quart de cercle, elle est plus large que haute, et nous l'appellerons l'*ouverture horizontale;* l'autre est à l'aval, elle est plus haute que large, nous l'appellerons l'*ouverture verticale.* Celle-ci est assez grande pour qu'on puisse, en se pliant et se serrant un peu, passer à travers et cheminer successivement d'un tambour dans l'autre pour la surveillance du travail.

Chaque tambour va maintenant recevoir une grande vanne en tôle portant vers son milieu une charnière hori-

zontale. Cette charnière est une sorte de tube en fonte qu'une longue broche, un essieu en fer forgé, enfile d'un bout à l'autre. Elle se pose par ses extrémités sur les deux diaphragmes, plus près de la plate-bande d'aval que de celle d'amont et au niveau de celle-ci. Quant à la vanne, elle est formée de trois fortes barres ou bras de 2m.41 de hauteur totale et de deux feuilles de tôle de 0m.005 d'épaisseur. Les bras passent à travers la charnière en s'y ouvrant sous la forme de petits colliers que traverse l'essieu de rotation. La portion de la vanne supérieure à la charnière forme la *hausse;* la portion inférieure, qui descend dans la cavité du tambour, forme la *contre-hausse.*

La vanne ne peut pas décrire une moitié de circonférence, mais un quart seulement; la hausse se tient verticalement ou s'abat horizontalement du côté d'aval. Quant à la contre-hausse, elle prend des positions correspondantes, mais non identiques. D'abord, elle n'est pas dirigée dans le prolongement de la hausse; à son départ de la charnière, elle se contourne brusquement, se porte de 0m.42 vers l'aval et reprend seulement alors une direction parallèle à celle de la hausse. Le but de ce contournement, c'est que quand la hausse est abattue, la contre-hausse relevée se trouve non au-dessus, mais au-dessous de l'*ouverture horizontale* du diaphragme; elle en affleure le bord inférieur. D'autre part, quand la hausse est levée, la contre-hausse vient s'aligner par sa face d'aval suivant le bord vertical d'amont de l'*ouverture verticale* du diaphragme. Ce qui limite le mouvement de la contre-hausse (et conséquemment de la vanne entière) dans cette deuxième position, c'est d'abord un seuil en bois sur lequel s'appuie la rive inférieure de la contre-hausse, puis deux nervures que portent les diaphragmes et qui reproduisent le tracé contourné des rives latérales, enfin une troisième nervure horizontale venue de fonte sous le tube de la charnière et contre laquelle la contre-hausse s'appuie par sa rive supérieure. Dans ce quart de cercle



D. Fig. 12.

Coupe verticale de la vis inférieure de la contrebande et de son heurtoir

Gravé par Dulos.

Digitized by Google

qu'elle peut décrire, la contre-hausse rase par ses bords, sauf un jeu n'excédant pas quatre millimètres, les parements plans des deux diaphragmes et le parement cylindrique de la maçonnerie. La fonte a reçu les rabotages nécessaires à cet effet ; quant à la maçonnerie, elle présente un enduit de ciment de Portland appliqué sur rocaillage de meulière et réglé, troussé à la demande même de la contre-hausse. Quand celle-ci est dressée dans la position limite qui correspond au relevage, comme elle s'appuie sur des arrêts saillants, elle ne laisse passer l'eau sur aucune de ses quatre rives, et d'autant moins que l'étanchéité du contact est assurée par quatre bandes de caoutchouc fixées en retraite sur sa face d'aval. Mais dans toute autre position de la contre-hausse, il passe un peu d'eau par les vides qui existent entre ses rives et les parements du tambour.

Enfin la contre-hausse divise chaque tambour en deux compartiments d'étendue variable, l'un en amont, l'autre en aval. Chacun de ces compartiments se clôt par le haut au moyen d'une grande plaque horizontale qu'on appuie sur la plate-forme en pierre de taille, sur les deux diaphragmes et sur une saillie ou appendice horizontal de la charnière en fonte. Cette liaison d'ailleurs maintient la charnière elle-même.

Le déversoir est dès lors terminé, et voici l'aspect qu'il présente : une file de pieux moisés à $1^{m}.10$ en contre-bas de la retenue, puis une large plate-bande en pierre de taille, et une plaque fixe en tôle recouvrant le compartiment d'amont de chaque tambour ; on rencontre la hausse qui peut s'abattre sur une plaque en fonte recouvrant le compartiment d'aval, après quoi vient une deuxième plate-bande raccordée par un glacis curviligne avec les moises de la seconde file de pieux, au niveau de l'étiage d'aval.

La création d'un seuil fixe s'élevant au-dessus de l'étiage produit naturellement une chute pendant la période des eaux basses et moyennes. Supposons qu'on puisse à vo-

lonté faire communiquer l'un ou l'autre compartiment des tambours avec le bief d'amont du barrage ou le bief d'aval, et voyons ce que les vannes vont devenir. Si l'on met le bief d'amont en communication avec le compartiment d'amont et le bief d'aval en communication avec le compartiment d'aval, l'eau d'amont agit en sens inverse sur la hausse et la contre-hausse; mais elle agit avec plus d'énergie sur la contre-hausse, parce que celle-ci offre un développement plus grand, et surtout à cause de la différence de profondeur : aussi, alors même que le bief d'aval ajouterait sa contre-pression sur la face d'aval de la contre-hausse, on conçoit que celle-ci obéisse à l'effort prépondérant de l'eau d'amont, et se dresse en entraînant la hausse malgré le courant. On conçoit à plus forte raison le mouvement d'abatage qui se produirait si on mettait le bief d'amont en communication avec le compartiment d'aval des tambours tandis que le compartiment d'amont communiquerait avec le bief d'aval. Mais comment réaliser, pour chacun des quarante-deux tambours, ces communications alternatives et combinées? M. Desfontaines y est parvenu par un aqueduc établi dans la culée du déversoir et un autre établi dans la pile. L'un des deux aurait pu suffire; mais leurs effets s'ajoutent en activant la manœuvre et ils se suppléeraient au besoin.

La culée, qui a une épaisseur de 3 mètres et une longueur de 7^{m}.60 de l'amont à l'aval, est percée dans son milieu d'un aqueduc longitudinal présentant les variations de section que nous allons indiquer. A l'entrée et à la sortie, deux portions de 1^{m}.30 de longueur et 1 mètre de largeur, où l'on peut aisément pénétrer; celle d'amont a son radier à 0^{m}.39 en contre-haut de l'étiage d'aval, celle d'aval a son radier juste au niveau de cet étiage. Au centre et sur 3 mètres de longueur, séparée des parties extrêmes par deux puits ou cheminées qui mettent l'aqueduc entier en communication avec le dessus de la culée, se trouve la partie

essentielle de cet aqueduc, celle où s'accomplit la distribution d'eau dont la manœuvre du déversoir dépend. — Dans cette partie centrale, l'aqueduc se divise en deux autres, en deux conduits rectangulaires superposés, séparés simplement par une plaque de fonte de $0^m.02$ d'épaisseur ; ces conduits ont chacun $0^m.80$ de largeur et $0^m.59$ de hauteur. Une vanne ordinaire en fonte, placée à la tête d'amont, peut fermer l'un des deux orifices en démasquant l'autre ; une vanne pareille existe à la tête d'aval. Un balancier, qui réunit les tiges de ces deux vannes, communique à celle d'aval le mouvement qu'on imprime à celle d'amont, ou, plus exactement, un mouvement inverse.

Dans le massif de maçonnerie qui sépare ces conduits du parement de la culée, et conséquemment du premier tambour du déversoir, on a ménagé deux autres conduits analogues, mais non plus superposés : l'un d'eux, placé en amont de l'autre et plus haut, prolonge en quelque sorte l'ouverture horizontale des diaphragmes jusqu'à l'aqueduc supérieur de la culée ; l'autre prolonge l'ouverture verticale jusqu'à l'aqueduc inférieur. [Voir les dessins.]

Après cette description un peu longue, le rôle des aqueducs et le jeu des hausses vont s'expliquer d'eux-mêmes. Supposons qu'on veuille procéder au relevage : il suffira d'abaisser la ventelle d'amont de la culée. En effet, cette ventelle, en fermant l'orifice inférieur, démasque l'autre du même coup et le met en communication avec le bief d'amont ; et comme, par le jeu du balancier, l'aqueduc supérieur se trouve en même temps fermé du côté d'aval, l'eau d'amont ne peut se diriger que vers le compartiment d'amont des tambours. Elle arrive dans le premier d'abord et pèse sur la face d'amont de la contre-hausse : tandis que celle-ci tourne, l'eau passe bien un peu par le vide qui existe sur les quatre rives, mais cette déperdition est sans conséquence comparativement au volume d'eau qui arrive. Aussi la contre-hausse a bientôt atteint sa position verticale

et toute déperdition cesse. Après avoir rempli le compartiment d'amont du premier tambour, l'eau passe dans le second, grâce à l'ouverture horizontale, et y remplit le même office. La transmission s'opère ainsi de proche en proche, et elle s'opère souvent d'un bout à l'autre du déversoir en moins de temps que nous n'en mettons à l'expliquer ici.

Veut-on procéder à l'abatage des hausses? On soulève la ventelle d'amont. Par ce seul mouvement, l'aqueduc supérieur et conséquemment toute la file des compartiments d'amont des tambours se trouvent soustraits à l'influence du bief d'amont et libres de se vider dans le bief d'aval, tandis que l'aqueduc inférieur et conséquemment la file des compartiments d'aval des tambours, isolés du bief d'aval, reçoivent à leur tour l'action prédominante du bief d'amont : les contre-hausses, ainsi prises à revers, se soulèvent vers l'amont (avec une vitesse décroissante d'ailleurs) et les hausses s'abattent sans secousse ni choc.

Ainsi la manœuvre du déversoir consiste uniquement à lever ou baisser une ventelle. Elle s'opère de la rive même, sans danger, sans exiger ni engrenages sujets à se rompre, ni effort musculaire, ni adresse professionnelle, avec une régularité et une célérité qui dépassent de beaucoup les besoins réels de la pratique. Cette manœuvre se réduit presque à un mot d'ordre donné à la rivière, qui s'anime pour ainsi dire, et dont le flot intelligent, partant de la culée, va mystérieusement trouver chacune des contre-hausses et la fait tourner contre le courant même. On a rarement résolu d'une manière plus directe ce problème philosophique de maîtriser, en les retournant contre elles-mêmes, les forces brutales de la nature. Rarement aussi la valeur pratique d'une heureuse conception se traduisit aux yeux d'une manière plus saisissante. Ces 42 hausses de $1^m.10$ de hauteur et $1^m.49$ de longueur s'alignent avec une régularité mathématique : on dirait une muraille soutenue, à chacun des petits vides séparatifs des hausses, par des contre-forts trian-

gulaires en cristal. Au signal donné, chaque hausse à son tour s'incline, tourne gravement autour de sa base et se couche en livrant passage à un torrent de 1m.50 de largeur. S'agit-il du relevage? on voit cette longue et puissante cataracte se fractionner de proche en proche, les hausses se relever doucement, sans secousse, et refouler avec aisance vers l'amont cette lame épaisse qui se débat en vain. En quelques minutes la muraille métallique est reformée; toute agitation cesse, et le déversement primitif reprend son cours paisible.

§ 4. — *Détails sur le fonctionnement des hausses.*

Après avoir indiqué l'aspect général des manœuvres du déversoir, nous allons entrer dans quelques détails sur les faits les plus caractéristiques du système.

Une vanne mobile autour d'un axe horizontal et dont la partie inférieure est plus longue et plus pesante que l'autre, tend à se tenir verticalement soit dans l'air, soit dans une eau calme où on la plongerait en tout ou en partie. Un courant ne ferait que consolider cet état d'équilibre s'il agissait à la fois sur la hausse et sur la contre-hausse; mais si l'on soustrait la contre-hausse à son action, la hausse, demeurée seule en prise, tend à s'abattre. Que l'on suppose maintenant, au lieu d'un simple courant, une dénivellation préexistante de l'amont à l'aval des vannes et par suite des pressions statiques inégales dont la résultante puisse être à volonté dirigée sur l'une ou l'autre face des contre-hausses, il est clair qu'on deviendra maître et du relevage et de l'abatage. Mais comment obtenir cette dénivellation originaire qui doit en produire une autre plus considérable? Il suffit pour cela de créer un rétrécissement, permanent ou momentané, de la section naturelle du cours d'eau : permanent, par l'établissement d'un seuil en maçonnerie que couronneront les hausses mobiles; momentané, par la fermeture totale ou

partielle d'une passe navigable munie de fermettes et d'aiguilles. En étiage, on aura le maximum de chute et le minimum de courant. La rivière augmentant, il y aura diminution de chute et accroissement de vitesse, double raison pour que le relevage des hausses devienne plus pénible, jusqu'à ce qu'il cesse d'être possible, limite extrême qui doit être subordonnée aux besoins du service.

Voilà les principes théoriques très-simples du système.

Dans l'application, il faut compter avec deux sortes de résistances passives dues au frottement. La première provient du frottement des trois colliers de chaque vanne sur l'essieu de rotation. Des articulations de ce genre, fonctionnant sous des torrents d'eau, peuvent se fausser et donner naissance à des efforts qu'aucun calcul ne saurait prévoir. Le soin avec lequel on a tourné les pièces mises en contact n'est pas une garantie suffisante. Ce qui écarte ici toute inquiétude, c'est la considération des dimensions effectives des pièces : un cylindre en fer de $0^m.06$ de diamètre pour $1^m.49$ seulement de longueur, étreint par six collets venus de fonte dans le tube qui l'enveloppe, ne semble pas pouvoir dévier de la direction rectiligne de l'axe des colliers. L'autre résistance passive tient à ce que les contre-hausses ne peuvent se mouvoir qu'en refoulant l'eau dont les tambours sont remplis, en l'expulsant par les dégorgeoirs de la pile et de la culée. Le frottement de l'eau contre les parois, les rétrécissements de section et les coudes font naître une résistance qui croît avec la vitesse d'évacuation (et qui a par suite le salutaire effet de limiter la vitesse de rotation des contre-hausses en prévenant les chocs).

Il faut enfin se préoccuper d'une imperfection pratique, inévitable en principe, et qui consiste en ce que, les résistances augmentant, les contre-hausses devenant plus lentes à se mettre en marche, plus lentes aussi à se mouvoir, l'eau envoyée dans le *tube de relevage* se trouve simultanément en contact avec un plus grand nombre de ces contre-hausses,

se perd en plus grande quantité le long des rives et peut n'être pas assez abondante pour transmettre à toutes les vannes qu'elle commande la pression du bief d'amont.

Tels sont les divers éléments du problème.

A Joinville, quand les eaux d'aval sont à l'étiage (point de départ des échelles hydrométriques), une chute de 0m.10 à 0m.15 suffit pour relever les hausses. Si l'on ferme complétement le pertuis, ce qui force l'eau à passer par-dessus le seuil fixe, le relevage emploie deux minutes environ; une minute suffit à l'abatage. Le 5 mars 1868, l'eau étant à 2m.14 en amont et à 1m.40 en aval, le relevage exigeait douze minutes et l'abatage cinq. Une autre fois, l'eau étant à 2 mètres en amont et à 1m.50 en aval, le relevage ne s'effectua qu'en une demi-heure. C'est à peu près là la limite du fonctionnement des hausses de Joinville. Étendre cette limite eût été facile, mais sans intérêt pratique, et la dépense en eût été augmentée inutilement : car lorsque les eaux coulent à la cote 1m.40 en aval du barrage, les hausses n'ont aucun service à rendre à la navigation et les besoins desservis en temps ordinaire par les pompes de Saint-Maur sont partout surabondamment satisfaits.

Une propriété curieuse et fort importante de ce genre de barrage, c'est qu'on peut n'abattre qu'un nombre limité de hausses, une seule si l'on veut, ce qui donne une grande facilité pour le règlement de la retenue. Il peut se produire des crues de 0m.30 ou 0m.40 susceptibles, dans certaines localités, de mettre en danger les rives d'amont, de noyer des roues d'usine, de gêner le passage des bateaux sous les ponts. Faudrait-il en pareil cas abattre toutes les hausses du déversoir et faire ainsi baisser d'un mètre la retenue d'amont en produisant des inconvénients plus graves peut-être que ceux auxquels on a voulu obvier? — M. Desfontaines avait résolu directement ce problème en imaginant un moyen d'abattre partiellement les hausses. A la face

d'aval de chaque hausse il avait fixé par une articulation une béquille dont le pied parcourt une glissière en fonte scellée dans la platebande qui forme le sommet du glacis ; une barre à coches, régnant d'un bout à l'autre du déversoir et à laquelle on peut imprimer par ses extrémités un mouvement de va-et-vient longitudinal, forme arrêt pour le pied des béquilles quand on ne veut abattre les hausses qu'à moitié ou présente à ces béquilles des vides qui les laissent librement glisser pour l'abatage total. On peut voir un spécimen particulièrement bien réussi des hausses à béquilles au barrage dit des *Basses-Fermes*, établi sous la surveillance de notre camarade Carro, à 4 kilomètres en amont de Meaux. Ce mécanisme est du reste emprunté au système des vannes à bascule, avec cette différence importante que la barre à coches n'a jamais à se mouvoir qu'après le relevage préalable des hausses, c'est-à-dire quand la résistance normale ne tient plus qu'au poids de la barre elle-même, tandis que la barre à talons des pertuis doit entraîner le pied de l'arc-boutant alors que la vanne pèse sur cet appui de tout ou partie du poids du grand prisme d'eau qu'elle supporte. Ajoutons que la barre à coches, placée sur un massif de maçonnerie en saillie d'un mètre au-dessus de l'étiage, peut être aisément débarrassée des divers obstacles qui en arrêteraient la marche. Quoi qu'il en soit, l'addition de béquilles avec glissières et barre à coches est une complication qu'il a paru préférable d'éviter à Joinville.

Or l'expérience a démontré que si on manœuvre en sens contraires ou inverses la ventelle de la pile et celle de la culée, une moitié à peu près des hausses reste debout, tandis que l'autre moitié s'abat. Et comme la puissance, la portée de l'impulsion donnée de l'une ou de l'autre extrémité du déversoir dépend du volume d'eau introduit, il suffit de restreindre le déplacement d'une ventelle pour en limiter l'effet et pour créer entre les deux courants qui

s'établissent dans les tambours le rapport d'intensité qui correspond à l'abatage d'un nombre déterminé de hausses. On fait naître ainsi où l'on veut le point de passage. Ce n'est qu'une affaire de tâtonnement, et le barragiste le moins intelligent y pourvoit sans peine.

Une préoccupation bien naturelle à la vue de ces tambours dont le fond est à Joinville, à 0^{m}.32 en contre-bas de l'étiage d'aval, c'est qu'ils ne viennent à s'envaser, à s'obstruer de sable, de gravier, d'herbes peut-être ou de branchages. Des précautions ont été prises en vue de prévenir cet inconvénient. D'abord des grilles protégent l'accès des aqueducs en amont de la pile et de la culée. Puis des ventelles d'isolement, établies en tête de ces mêmes ouvrages, peuvent intercepter toute communication entre le bief d'amont et les aqueducs quand les grandes eaux d'hiver charrient du sable. Enfin si des corps étrangers quelconques s'introduisaient dans les tambours, on les en expulserait en faisant agir en sens inverses les prises d'eau de la pile et de la culée et en opérant des chasses d'une extrémité à l'autre du déversoir. Supposons, par exemple, qu'il y ait de la vase dans les compartiments d'amont, qu'il y en ait assez pour que les contre-hausses la rencontrent dans leur mouvement d'ascension vers l'amont : la vase se trouvera par cela même soulevée à la hauteur du bord inférieur de l'ouverture horizontale des diaphragmes ; elle reposera sur le plafond de ce long tube momentanément formé d'un bout à l'autre du déversoir, de ce tube qui n'offre aucune saillie sur les côtés ni sur le plafond. Que l'on dispose maintenant la culée pour le relevage en laissant à la pile la disposition contraire : l'eau d'amont, introduite par la culée, pourra bien laisser en place la vase des premières contre-hausses, qui fléchiront sous la pression, jusque vers le milieu du déversoir ; mais arrivée là, impuissante à déplacer les contre-hausses que maintient efficacement la contre-pression d'aval, elle entraînera toute la vase qu'elle rencontrera

sur son passage jusqu'à l'aqueduc supérieur de la pile et de là jusque dans le bief d'aval. Pendant que cette chasse s'opère en amont, de la culée vers la pile, il s'en opère une autre en aval, de la pile vers la culée, avec dégorgement dans le bief d'aval par l'aqueduc inférieur de la culée. On aura donc ainsi nettoyé la moitié de chacune des deux files de compartiments : on nettoyera le reste en renversant la manœuvre des ventelles.

Du reste l'expérience des autres barrages de la Marne a répondu péremptoirement aux craintes qu'on avait pu concevoir sur l'envasement des tambours.

Les barrages de M. Desfontaines ne présentent aucun organe délicat, et les avaries, jusqu'alors sans exemple, que pourrait leur occasionner le choc des corps flottants, auraient probablement peu de gravité. Le courant est généralement très-faible quand les hausses sont debout à cause du peu d'eau qu'elles laissent passer (*). Supposons pourtant qu'un bateau vienne heurter cette feuille de tôle de 4 millimètres d'épaisseur, soutenue vers le haut par les bras amincis de la vanne : la tôle pliera, se déchirera peut-être ; mais on a des vannes de rechange, et la substitution sera facile grâce aux dispositions que nous allons indiquer (**).

La cavité du déversoir est protégée longitudinalement, par les murs qui l'encaissent, jusqu'à $0^m,94$ au-dessus de l'étiage du côté d'aval et $1^m.06$ du côté d'amont. Pour compléter l'isolement et pouvoir mettre à sec les tambours quand les eaux ne dépassent pas la cote de $0^m.94$ en aval, c'est-à-dire pendant plus de la moitié de l'année, il suffit d'établir un petit batardeau dans la pile et un autre dans la culée : des coulisses y ont été ménagées à cet effet sur le parcours

(*) Le vide de 10 millimètres qui existe entre les hausses aurait pu être aisément réduit à 3 ou 4. Cette étanchéité relative, qui pourrait être très-utile dans certains cas, est une propriété remarquable des barrages de M. Desfontaines.

(**) Voir la note A, page 512.

de l'aqueduc. — Mais à Joinville ce n'était là qu'une solution insuffisante, car elle supposait qu'on abaissât la retenue de $1^m.10$. Pour que cet abaissement ne fût pas nécessaire, il fallait un batardeau dont l'installation et l'enlèvement pussent s'opérer dans l'eau rapidement et à peu de frais. M. Desfontaines, et après lui l'administration supérieure, ont accueilli favorablement l'idée de placer sur la plate-bande d'amont du déversoir (élargie de $0^m.40$ à cet effet) des fermettes triangulaires de $1^m.10$ de hauteur (comme les hausses), espacées de 3 mètres, et pouvant servir d'appuis à des madriers superposés horizontalement du côté d'amont. Ces madriers, qui n'ont que $0^m.22$ de hauteur et $0^m.10$ d'épaisseur, se manient aisément à bras, surtout dans le calme qui règne à l'amont des hausses et où le batelet de transport stationne sans danger. Ils portent des agrafes qui les maintiennent contre les montants verticaux des fermettes. On accroche en amont des toiles goudronnées rendues pesantes par des tringles de fer. La quantité d'eau qui passe par le batardeau ainsi construit, sur 63 mètres de longueur, est telle qu'un bourrelet en ciment de $0^m.05$ de hauteur suffirait pour la recueillir et l'amener dans le bief d'aval. On installe alors sur le déversoir fixe une petite grue roulante qui peut le parcourir sur des rails d'un bout à l'autre. Cette grue, faite exprès, se démonte et se transporte avec une grande facilité. En moins d'une journée on déboulonne et on enlève les plaques de recouvrement des tambours, on soulève les quarante-deux vannes avec leurs charnières, ce qui permet de les visiter sous toutes leurs faces, on remet enfin toutes ces pièces dans leur position primitive. On n'aurait à employer la pompe que si l'on voulait mettre les tambours à sec. Les raclettes promenées dans ces tambours à la suite d'un premier hiver n'ont pas ramené une parcelle de vase ou de sable.

Pour terminer ce qui concerne spécialement le déversoir de Joinville, nous dirons que la pose des engins mobiles en

a été notablement facilitée et activée par l'addition de quatre grands boulons, présentant à chacune de leurs extrémités un double pas de vis, et qui servent à régler, dans chaque tambour, l'écartement précis des deux diaphragmes. Les assemblages avaient été préalablement faits dans l'atelier de MM. Joly, constructeurs à Argenteuil; toutes les pièces ayant été numérotées, le remontage sur place se fit presque sans tâtonnement et sans retouche. Nous n'avons pas besoin de dire que les boulons dont il s'agit ici sont noyés dans la maçonnerie : on a bouché avec du ciment de Portland les rainures longitudinales qui avaient été ménagées pour les recevoir.

La pose des engins de serrurerie du déversoir et des mécanismes de manœuvre a demandé six semaines.

§ 5. — *Renseignements divers sur le barrage.*

En parlant ci-dessus des béquilles adaptées aux hausses de certains barrages de la Marne, nous n'avons pas fait ressortir tout le mérite de cette solution première du problème de l'ouverture partielle. Qu'il s'agît des hausses à tambour ou des vannes à bascule, M. Desfontaines redoutait l'effet de ces abatages brusques, le danger de ces torrents subits au point de vue des affouillements. L'abatage partiel et conséquemment ménagé des hausses remédiait directement à la difficulté.

En sacrifiant à Joinville cet avantage dans un but de simplification, on s'astreignait à prendre des précautions plus grandes pour la solidité de l'arrière-radier. On pensa qu'il ne suffisait plus d'un enrochement d'un mètre d'épaisseur avec pieux en quinconce à 1^{m}.50 de distance et une file de pieux mi-jointifs à 15 mètres en aval du barrage proprement dit.

Au droit du déversoir, on a réduit les pieux à trois files, espacées de 5 mètres et pourvues de moises que relient

quelques traversines parallèlement à l'axe de la rivière. Mais on a remplacé la couche supérieure des enrochements, sur $0^{m}.40$ d'épaisseur, par des libages maçonnés en mortier de chaux. La file de pieux mi-jointifs (dont les vides laisseraient au besoin passer les filets d'eau qui subiraient la pression du bief d'amont) est raccordée avec le fond naturel de la rivière en aval par un cordon longitudinal d'enrochements à pierres perdues dont la sonde surveille attentivement les mouvements possibles. Cet arrière-radier du déversoir est arasé à $0^{m}.10$ en contre-bas de l'étiage.

L'arrière-radier du pertuis est exposé à des corrosions plus dangereuses encore, la Marne pouvant accidentellement passer tout entière par cet étroit passage de 12 mètres seulement de largeur. En effet, un affouillement de 4 mètres en contre-bas de l'étiage ne tarda pas à se produire à 30 mètres en aval du pertuis. Pour tenir ces affouillements éventuels à distance convenable du barrage, et eu égard à la difficulté des réparations que pourrait exiger un arrière-radier établi à $0^{m}.72$ en contre-bas de l'étiage, on a recouvert ici l'enrochement (sur 15 mètres de longueur) non par un pavage maçonné, mais par un fort plancher en madriers de chêne boulonnés avec beaucoup de soin sur les moises qui relient six files de pieux. M. Desfontaines ne mettait pas en doute qu'une existence séculaire ne fût assurée à un arrière-radier ainsi construit. Du reste un arrière-radier de 15 mètres (et même de 20 avec les enrochements d'aval) ne suffisait pas en aval du pertuis : on peut dès à présent en juger. On le prolongera par des enrochements dans les basses eaux de l'automne prochain.

Du pertuis proprement dit nous ne dirons que quelques mots.

Le radier ne présente aucun tirant en fer. Les crapaudines des fermettes ne sont même retenues par aucun boulon vertical. Les fermettes ont 3 mètres de hauteur, et celle qui avoisine la pile en est à 2 mètres de distance. Le rabatte-

ment de cette fermette a conduit à ménager dans la pile une échancrure cylindrique qui ne se conciliait pas naturellement avec le vide à ménager dans cette même pile pour l'aqueduc de manœuvre du déversoir. Une pièce de fonte spéciale, interposée entre l'aqueduc et l'espace affecté au mouvement tournant de la fermette, a permis de n'augmenter que de $0^m.20$ l'épaisseur totale de 3 mètres que la pile présente dans les autres barrages de la Marne.

Le pont de service des fermettes, placé au niveau de la retenue, à 2 mètres en contre-bas des couronnements, permet au barragiste d'accéder à la pile pour la manœuvre du déversoir. Il aboutit à chaque extrémité à quatre barreaux d'échelle que surmontent quatre marches d'escalier. En vue de rendre plus facile encore cet accès de la pile, on a placé à $1^m.25$ plus haut une passerelle garnie de garde-corps à droite et à gauche, et supportée par des montants qui coiffent les goujons de tête des fermettes. Mais le pont de service est d'un usage si commode avec ses portions d'échelle, complétées comme elles le sont par des poignées de fer scellées dans la maçonnerie, que la passerelle supérieure ne servira que par exception. On a également écarté, comme n'ayant plus de raison d'être, une passerelle tournante qui, dans l'hypothèse des vannes à bascule, eût franchi le pertuis au niveau même des couronnements de la pile et de la culée.

Nous ne pouvons indiquer ici que quelques prix de revient partiels. Les travaux du barrage avaient été divisés en deux lots d'adjudication : les terrassements, maçonneries et charpentes de fondation formaient un premier lot; les engins mobiles en formaient un autre. Tous les comptes du second lot sont définitivement réglés, mais ceux du premier lot ne le sont pas encore.

Les engins mobiles du déversoir proprement dit ont coûté une somme totale de $49\,844^f.83$ qui se décompose comme l'indique le tableau suivant :

DÉSIGNATION DES OUVRAGES.	POUR L'UNITÉ.		NOMBRE de pièces semblables ou développement total.	POUR le travail entier.	
	Poids.	Valeur.		Poids.	Valeur.
	kilog.	francs.		kilog.	francs.
Diaphragmes en fonte (à la pièce).	653.36	328.16	43	28 094.50	14 110.80
Boulons d'entre-toisement (au tambour).	25.83	22.55	42	1 085.60	947.20
Plaques de recouvrement en tôle à l'amont des tambours.	111.95	99.06	42	4 702.00	4 160.70
Plaques de recouvrement en fonte à l'aval des tambours.	210.69	116.18	42	8 819.00	4 879.50
Charnières des vannes avec les broches.	219.08	173.38	42	9 201.50	7 282.00
Tôle et bras de fer des vannes.	360.79	319.47	42	15 153.00	13 437.60
Heurtoirs inférieurs (bois et fonte) des contre-hausses (au mètre courant).	»	14.20	63^{m}	»	894.90
Entailles pour la pose des ferrures (au mètre courant).	»	23.49	63^{m}	»	1 480.00
Scellements (au mètre courant).	»	12.03	63^{m}	»	758.00
Enduit en ciment (au mètre quarré).	»	10.00	126^{mq}	»	1 260.00
Dépenses diverses, nettoyages, etc.	»	»	»	»	634.13
				Total.	49 844.83

Le prix de revient de ces engins par mètre courant de déversoir est donc $\frac{49\,844^{f}.83}{63} = 791$ francs.

La pile et la culée du déversoir ont donné lieu chacune aux dépenses indiquées ci-après :

	fr.
Ventellerie de manœuvre (y compris la plaque séparative des deux conduits superposés).	1 277.00
Grille d'amont (moyenne des deux).	321.00
Ventellerie d'isolement.	250.00
Madriers pour batardeaux intérieurs.	155.00
Échelles d'accès.	89.00
Entailles.	135.00
Scellements.	40.00
Épuisements, nettoyages, etc.	33.00
Total.	2.300.00

Le petite grue roulante a coûté $950^{f}.60$.

Le batardeau à fermettes établi sur la plate-bande d'a-

mont du déversoir a coûté près de 100 francs par mètre courant.

§ 6. — *Tambours métalliques. — Des limites d'application du système de barrage de M. Desfontaines.*

Nous avons, en décrivant le déversoir de Joinville, graduellement composé le *tambour* dans lequel se meuvent les contre-hausses : nous avons montré d'abord un long coffre en maçonnerie, puis des séparations en fonte espacées de 1^m.50, et enfin deux plaques de recouvrement enserrant la charnière des vannes. Mais l'idée du *tambour* était originairement venue de toutes pièces à M. Desfontaines. C'est avec un tambour en tôle qu'il expérimenta pour la première fois son système en 1846 dans un contre-fossé du canal latéral à la Marne. MM. les inspecteurs généraux Brière de Mondétour et de Baudre vinrent voir ce premier essai. Les tambours furent construits tout en tôle dans les deux premières applications faites sur une grande échelle, c'est-à-dire aux barrages de Damery et de Courcelles; et ces barrages, demeurés en parfait état après un service non interrompu de dix ans pour l'un et de six ans pour l'autre, sont là pour attester la sûreté de la conception primitive.

M. Desfontaines s'était naturellement préoccupé de l'assiette qu'il donnerait à ces nouveaux engins. En principe, il eût voulu ne construire les ouvrages en rivière qu'avec des pierres sèches à cause de la facilité de leur emploi et de la manière dont elles s'adaptent spontanément au régime modifié des eaux. Il avait d'ailleurs observé sur l'Oise qu'un barrage en pierres sèches ne supporte pas sans altération l'infiltration des eaux et la pression d'une retenue. Il avait vu, au barrage de Verberie, le glacis d'aval, momentanément maintenu par un effet d'arc-boutement, s'effondrer sous le poids d'un homme, d'un conducteur qui fail-

lit s'y casser la jambe : des excavations s'étaient produites en dessous, sans qu'on s'en doutât, par l'agitation, l'usure, l'entraînement peut-être de certains moellons. Il avait vu souvent les moellons inférieurs du glacis, quand ils n'étaient pas bien calés, se soulever par la sous-pression pour retomber ensuite par leur poids en s'usant par le frottement. Il voulait prévenir ces causes d'avaries dans la partie fixe des déversoirs de la Marne. A cet effet il adopta les dispositions suivantes :

On battait trois files de pieux moisés : la file d'aval en pieux mi-jointifs (tant vide que plein) et moisés au niveau de l'étiage, les deux autres en pieux espacés de 1m.50 et moisés au niveau du déversoir fixe, la file d'amont garnie en outre de palplanches rainées et battues avec un soin minutieux. On remplissait de gravier ou de pierraille la plus grande partie des deux coffres compris entre ces trois files de pieux, en ayant la précaution de boucher avec des moellons les vides des pieux mi-jointifs. La file de pieux et palplanches formait un écran qui ne pouvait guère livrer passage qu'à des filets d'eau ; et ceux-ci, en s'épanouissant dans les vides plus grands qu'ils trouvaient à l'aval, devaient y perdre leur force d'impulsion.

M. Desfontaines plaça ses tambours métalliques sur le massif ainsi formé. Il les logea entre les deux premières files de pieux, les appuyant et les boulonnant sur les deux moises intérieures, grâce à des oreilles ou rebords dont les tambours sont munis en amont et en aval. Ces tambours, entièrement fabriqués à l'usine, transportés par un véhicule quelconque, mis en place rapidement à l'aide d'une grue légère, c'était là une solution remarquable de simplicité et d'élégance ; et nous avons entendu, il y a quelques mois, des ingénieurs étrangers déclarer qu'ils la préféreraient à toute autre dans certains pays où manquent les ouvriers d'art et où il est désirable que l'Europe envoie les ouvrages tout prêts à fonctionner.

M. Desfontaines a cependant substitué la maçonnerie au métal sur tout le pourtour de la cavité. Il se préoccupait de l'oxydation possible de la tôle, non pour les vannes, protégées par du goudron minéral qu'il est si facile de renouveler, mais pour les parties fixes et cachées de l'ouvrage. Il n'aimait pas qu'il fallût, pour visiter et repeindre les tambours, les soulever et les déposer, en plus ou moins grand nombre à la fois, sur le glacis du déversoir où un retour inopiné des eaux peut les surprendre : le fait est arrivé en 1866. Il disait, d'autre part, que les moises qui supportent les tambours, exposées, comme elles le sont parfois, à des alternatives de sécheresse et d'humidité, se pourriront au bout d'un certain temps, qu'il en sera de même des pieux (à l'entaille faite pour y appuyer les moises) et que ces parties importantes de l'ouvrage ne seront pas faciles à remplacer. Puis les infiltrations d'eau qui s'opèrent, quoi qu'on fasse, à travers l'enceinte de pieux et palplanches, ne laissaient pas de constituer à ses yeux un fait anormal, susceptible de produire à la longue des affouillements compromettants ; et le conseil général des ponts et chaussées, partageant à un plus haut degré encore cette préoccupation, avait demandé qu'un diaphragme en béton fût intercalé dans le massif à pierres sèches du déversoir.

Enfin, M. Desfontaines trouvait de sérieuses difficultés à dresser avec la régularité convenable la tôle plus ou moins flexible de la surface cylindrique et des fonds verticaux. La déperdition d'eau par les quatre rives de la contre-hausse pouvant avoir, au delà d'une certaine limite, pour effet de rendre l'alimentation insuffisante, M. Desfontaines voyait là un obstacle limitatif de la hauteur des hausses. Dans les tambours en maçonnerie et fonte cette difficulté d'exécution s'est considérablement amoindrie. Le parement de la surface cylindrique se règle rapidement, avec une précision presque mathématique, grâce à un couteau qui opère au contact du ciment encore frais le mouvement même de la

contre-hausse et dont on fait varier par des vis de rappel la distance au centre de rotation. D'autre part, le rabotage des grandes pièces de fonte est devenu une opération courante. L'usine de Marquise, qui a fondu et préparé les diaphragmes de Joinville, en raboterait de beaucoup plus grands encore avec ses plate-formes spacieuses et les longs chariots dont le ciseau d'acier peut parcourir tous les points. La hauteur des hausses, dans ces conditions nouvelles, peut être notablement augmentée.

Il y a évidemment une dépendance logique entre la hauteur des hausses et celle des contre-hausses qui doivent fonctionner à un niveau donné sous l'eau. M. Desfontaines avait admis en principe pour les barrages de la Marne l'égalité de ces hauteurs ; mais il regrettait en dernier lieu qu'on n'eût pas donné aux contre-hausses 1 dixième de plus qu'aux hausses : on se fût ainsi plus efficacement ménagé le moyen de porter un jour le tirant d'eau de 1^{m}.60 à 1^{m}.80 ou 2^{m}.00. Le barrage de Courcelles, construit sous la surveillance de notre camarade Holleaux, a des contre-hausses de 1^{m}.15 pour des hausses de 1^{m}.03 ; il présente une mobilité sensiblement plus grande que les autres. En allongeant les contre-hausses, on reculerait de beaucoup la limite de hauteur des eaux à laquelle le relevage cesse d'être possible.

La canalisation de la Marne, dans les conditions où l'on voulait l'exécuter, et le relief généralement faible des rives ne comportaient pas de retenues excédant notablement 2 mètres. M. Desfontaines avait adopté, comme des règles satisfaisant pour le mieux à l'ensemble des convenances locales, savoir : 1° d'élever le déversoir fixe jusqu'à moitié environ de la chute en étiage ; 2° de limiter à 0^{m}.30 ou 0^{m}.40 l'enfoncement de la cavité des tambours en contrebas de l'étiage d'aval. Mais il n'y avait rien de général ni d'absolu dans ces indications.

Le relief plus ou moins grand du déversoir fixe, quand

il ne conduit pas à donner au déversoir un allongement trop dispendieux (*), présente de nombreux avantages. D'abord, un ouvrage fixe en maçonnerie offre évidemment plus de sécurité qu'un rideau mobile. Puis, des engins placés à une certaine hauteur au-dessus du fond de la rivière, au-dessus même de l'étiage d'aval, sont plus faciles à établir, à visiter, à réparer, en même temps qu'ils sont moins exposés à l'ensablement et à l'envasement. Ajoutons que ce relief du déversoir fixe concourt à produire la chute initiale qu'exige la manœuvre des hausses.

Mais si, tous comptes faits, on reconnaît l'utilité d'abaisser davantage les tambours en contre-bas de l'étiage d'aval, notre opinion personnelle est qu'on peut le faire sans courir de grands risques. Que redouterait-on en effet? — Les difficultés d'établissement? Mais elles ne dépasseront pas celles qui se présentent dans la fondation d'une écluse. — La difficulté spéciale de planer convenablement les diaphragmes en fonte? Mais, comme nous l'avons déjà dit, les ressources de la métallurgie laissent encore ici une grande marge, surtout si on prend la précaution de fabriquer tout d'abord un modèle en fonte bien raboté. D'ailleurs ce n'est là, au fond, qu'une question de déperdition d'eau et on pourrait, par divers moyens, augmenter de beaucoup les ressources alimentaires. — Est-ce l'envasement qui inquiéterait? Mais on a les chasses intérieures pour y porter remède, et au dehors la cavité des tambours est presque hermétiquement close par les plaques qui la recouvrent. — Craindrait-on enfin que les hausses ne se relevassent pas sous une profondeur d'eau trop grande contre un courant trop énergique? Mais pour maintenir la mobilité des vannes, dans la mesure de l'intérêt réel qui peut s'y attacher, il ne s'agit que d'allonger suffisamment les contre-hausses, ou de suppléer à cet allongement par quelqu'un des moyens que la mécanique

(*) Voir la note B, page 512.

élémentaire indique pour des circonstances analogues.

Enfin, ni la construction, ni le fonctionnement pratique des onze barrages de la Marne auxquels a été appliqué le système de M. Desfontaines n'ont jusqu'ici présenté un seul fait d'où on puisse induire qu'on ait atteint les limites d'emploi de ce nouveau genre de hausses. Nous sommes convaincu que le système est loin d'avoir dit son dernier mot.

Il n'était pas dans les idées de M. Desfontaines de subordonner en quoi que ce fût à un désir d'expérimentation les grands intérêts qui lui étaient confiés. Aussi s'est-on borné, à Joinville, où la rivière présentait une largeur surabondante et où le relief du déversoir n'avait que des avantages, à porter à 1m.10 la hauteur des hausses.

Le même esprit de circonspection a fait écarter une séduisante amélioration du système de manœuvre des hausses. On a vu que tout se réduit au mouvement d'une tige verticale qui abaisse ou lève la ventelle d'amont de la pile et de la culée. Il est évident par là qu'à l'aide d'un flotteur placé dans le bief d'amont on pourrait rendre la manœuvre automobile; et il y aurait peut-être lieu de le faire sur des canaux d'irrigation qu'on voudrait exonérer des frais d'un gardien. Mais sur des cours d'eau importants, sur ceux-là surtout qui n'ont pas un régime torrentiel, M. Desfontaines n'était pas partisan de l'automobilité des engins. Il en redoutait les mécomptes, préférait laisser à ses barragistes un peu de responsabilité et trouvait le problème bien résolu lorsque, sans quitter la terre ferme et en quelques tours de manivelle, un seul agent peut sûrement abattre ou redresser tout ou partie de la barrière qui règle le mouvement des eaux.

M. Desfontaines avait pendant quarante ans amélioré ou construit des voies navigables, l'Oise, la Loire, la Marne surtout avec les canaux qui en dépendent. Le barrage de Joinville, en complétant la canalisation de la Marne, était

comme le couronnement de cette carrière si bien remplie.

Du lit de douleur dont il savait qu'il ne se relèverait plus, notre vénérable et illustre chef n'avait pas cessé de s'intéresser aux travaux qui s'achevaient alors; il en suivait par la pensée toutes les phases. Il semblait retrouver le calme et la sérénité dans cette région des idées professionnelles où il avait trouvé naguère de si vives jouissances. Ne parlant plus qu'avec peine et les yeux à demi-fermés, il s'efforçait de sourire encore quand on lui assurait que le barrage de Joinville confirmerait avec éclat le mérite de l'œuvre profondément originale qui fera vivre son nom.

Paris, le 28 mars 1868.

Note A. L'éventualité d'une avarie produite par le choc d'un bateau paraîtra bien peu à craindre, si l'on remarque que le *tube de relevage* reste en communication avec le bief d'amont où les contre-hausses peuvent refouler l'eau contenue dans ce tube. Ce refoulement s'opérera et les hausses s'abattront si le choc éventuel est supérieur à la pression qui maintenait les hausses levées. Cette pression, d'ailleurs, à un moment où les eaux ont notablement monté en aval du déversoir, est bien inférieure à celle que les hausses supportent lors du relevage en basses eaux.

Note B. L'établissement d'un seuil fixe en saillie sur le fond de la rivière, ne réduit pas le débit dans le même rapport que la section, car ce seuil n'arrête que des filets d'eau animés d'une vitesse relativement faible, et un très-léger exhaussement des eaux d'amont suffit souvent pour produire une accélération qui compense la diminution de la section.

N° 203

NOTE

Sur une chaussée établie dans le petit désert de la province d'Oran (chott de Chergui).

Par M. H. POULAIN, capitaine du génie.

Avant de décrire la chaussée que nous fûmes appelé à établir dans le *chott de Chergui*, il nous paraît essentiel de donner d'une manière sommaire quelques indications sur le but que l'on se proposait d'atteindre, et pour cela il faut dire quelques mots sur la géographie militaire de la province d'Oran.

Saïda, chef-lieu du cercle de la subdivision de Mascara, est située aux confins du Tell et des hauts plateaux dans la vallée de l'Oued-Saïda, c'est-à-dire sur les bords d'un ruisseau qui, après avoir reçu divers affluents et changé plusieurs fois de nom, devient à son embouchure la *Macta.* A cheval sur un des plus faciles débouchés des hauts plateaux, le poste de Saïda forme un des éléments de la ligne qui part de Sebdou, près de la frontière du Maroc, passe par Daya et Tiaret, pour aboutir à Teniet-el-Haad, dans la province d'Alger, et dont le rôle est de fermer le Tell de la province d'Oran aux invasions des tribus sahariennes, ou de ravitailler les colonies du sud. Une route impériale, en grande partie ouverte et empierrée, relie Saïda à Mascara.

Géryville, autre chef-lieu du cercle de la même subdivision de Mascara, est le point fortifié le plus avancé dans le sud de la province d'Oran, et se trouve placé sur le versant nord-ouest des derniers contre-forts du *Ksel*, mon-

tagne dont le faîte divise les eaux entre le Sahara et les lacs intérieurs ou *chotts*.

La distance qui sépare Saïda de Géryville est de 163 kilomètres. Il n'existe pas de route entre ces deux points, ni aucun travail d'art, si ce n'est quelques caravansérails inhabités, depuis l'insurrection de 1864. Les voitures roulent à travers champs, et le tracé est fait par les convois. A partir de Saïda, qui est à peu près à 900 mètres d'altitude, on monte sur des plateaux qui sont à environ 1 200 mètres. Le terrain se compose ordinairement d'alluvions qui ont une très-grande puissance. Quand il pleut, le roulage devient très-difficile, de telle sorte que l'on est obligé d'attendre la saison sèche pour faire les transports. Mais, d'un autre côté, si l'on attend l'été, on est soumis à de très-grandes chaleurs sur des plateaux complétement nus, et où l'on ne trouve presque pas d'eau. En résumé, la route c'est le champ. Elle est très-mauvaise et souvent impraticable quand il pleut, très-bonne quand il fait sec. Afin de faciliter les transports, une somme de 20 000 francs fut allouée au commencement de l'exercice 1868 pour arranger quelques points que l'on ne pouvait pas tourner, c'est-à-dire pour assurer la viabilité entre Saïda et Géryville, et ravitailler ce dernier point.

Parmi les difficultés que comportait la viabilité à établir, la plus remarquable fut la construction d'une chaussée dans le chott de Chergui. La présente note a pour but d'exposer comment nous procédâmes.

Les Arabes appellent *chott* un espace de plusieurs lieues d'étendue dans tous les sens qui offre, dans les parties circonscrites par son périmètre, une dépression très-peu sensible, de telle sorte que, dans la saison des pluies, il y a environ 1 mètre de profondeur d'eau au maximum. On peut supposer que ces espaces sont d'anciens lacs salés qui se sont colmatés par des transports de dunes et d'alluvions. Pendant la saison sèche, les eaux disparaissent compléte-

ment, mais il reste à la surface du terrain des sels cristallisés, dont le miroitement fait croire à l'existence d'un lac à une distance de quelques centaines de mètres. En d'autres termes, quand on est placé au milieu d'un chott, on croit voir à l'horizon des eaux qui se confondent avec le ciel. Des phénomènes de mirage se produisent dans la région des lacs intérieurs, depuis le matin jusqu'au soir, et tous les jours.

Le terrain des chotts renferme du sable, de l'argile, de la vase, du gypse, de la magnésie carbonatée et du sel marin.

Le chott de Chergui a dans sa plus grande dimension au moins 200 kilomètres, et dans sa plus petite 16 kilomètres; mais il renferme dans sa partie centrale une île que l'on appelle le Deb-Deb. La largeur du premier bras du chott, en marchant du nord vers le sud, est de 1 270 mètres, et la largeur du second bras est de 500 mètres.

Le second bras du chott est celui qui nous présenta le plus d'intérêt, et c'est de celui-là seul que nous parlerons. Sur une longueur de 500 mètres de chaussée à construire, nous avions 200 mètres dans un terrain renfermant une couche de $0^{m}.05$ d'argile mélangée de sable, une couche de gypse mélangée de chaux carbonatée et de sel marin. En creusant à $0^{m}.60$ de profondeur, nous trouvions la nappe d'eau, laquelle renferme du chlorure de sodium (sel marin) au maximum de concentration. Il est probable que le sel marin existant dans les couches primitives a été dissous par les eaux pluviales qui s'y sont infiltrées et que la dissolution est descendue jusqu'au terrain imperméable. Toutefois il reste encore du sel marin dans le terrain, et nous le reconnûmes très-facilement à la saveur en dégustant la terre. Devant faire des remblais, il était au moins prudent de s'assurer de la proportion de matières solubles contenue dans le terrain. Pour cela nous fîmes l'expérience suivante; mais avant de la décrire, nous rappellerons que nous sommes en colonne, et que nous ne pouvons atteindre à la précision

des laboratoires. Un petit vase fut rempli cinq fois de suite de la matière que nous destinions à devenir un remblai, et comblé exactement sous un effort déterminé. Ces cinq mesures furent versées dans une gamelle de campement renfermant de l'eau douce. On fit le lavage, on laissa reposer, on décanta, on laissa écouler les sels solubles dissous, on sécha le reste et on remplit le petit vase qui avait servi de mesure quatre fois et deux tiers de fois. On déduisit de là que la matière soluble du remblai n'en est que la quinzième partie.

Après ces 200 mètres, le chott présentait une bande de terrain de 230 mètres de largeur, composée de sable, d'argile et de vase noire. Les 70 mètres restants de la largeur du bras du chott contenaient du sable, de l'argile et du gypse. Dans le Deb-Deb il n'y a qu'une végétation marine qu'il n'importe pas de définir, puisque l'on n'en tira aucun parti. Elle n'a en effet point de consistance dans ses tiges ni dans ses racines. Le Deb-Deb n'est qu'une immense dune nivelée, qui a quelques mètres d'altitude de plus que le chott. Sur la rive sud, même végétation jusqu'à 1 kilomètre; puis enfin on rencontre de l'alfa, connu sous le nom de *stipa tenacissima* par les botanistes, et appartenant à la famille des graminées, c'est-à-dire une herbe d'une longueur de 30 à 40 centimètres au moins, dont on peut faire à la rigueur des tissus et que l'on emploie après le rouissage pour faire du papier (le *Times* s'imprime sur ce papier). Afin de définir nettement la résistance de cette herbe, nous dirons que dix brins réunis résistent à un homme vigoureux qui exerce une traction entre les deux mains.

On trouve aussi le sennar (*lygeum spartum*) et le drinn (*arthraterum pungens*), qui appartiennent aux graminées, et que l'on désigne plus particulièrement sous le nom de *chaumes*.

La reconnaissance du terrain, faite dès l'installation du camp, nous fit aussi découvrir des carrières de grès blancs et de grès légèrement rosés. Les premiers sont très-friables

et les seconds assez résistants. Ces carrières sont à 1 000 ou 1 200 mètres de la rive sud du deuxième bras du chott.

La colonne arriva le 12 avril, jour de Pâques, sur la rive sud du chott. Le terrain était si mou, qu'il fallut atteler vingt forts mulets mexicains par prolonge au lieu de quatre, c'est-à-dire quintupler momentanément les attelages pour amener les prolonges d'une rive sur l'autre. Cette donnée définit pratiquement l'état hygrométrique du sol en ce moment dans le chott de Chergui, mais il est juste de dire que dans les temps secs on a une surface favorable au roulage.

Ainsi, avant d'entreprendre le travail, tout avait été reconnu autant que possible dans le chott et sur les rives du chott. Nous commençâmes la chaussée dans le minimum de la largeur du lac, puisque nous n'avions rien à gagner sur la profondeur. La première forme de la chaussée fut faite très-étroite, de 2m.50 à 3 mètres, parce que nous voulions égoutter l'eau qui se trouvait dans les boues et assécher la forme par le dessus et par les côtés. Le service du génie avait à sa disposition douze voitures, savoir : sept prolonges ou fourgons et cinq tombereaux parfaitement attelés ; il y avait en outre une moyenne de plus de cinq cents travailleurs du régiment étranger, échelonnés en chantiers. Ces travailleurs militaires sont en général des Allemands, qui sont très-forts, qui travaillent la terre avec goût, et dont on peut obtenir beaucoup de travail en les encourageant, c'est-à-dire en leur donnant des tâches d'argent ou de temps.

Dès que la première forme de la chaussée fut obtenue, on parsema de l'alfa à sa surface, de telle sorte que les voitures chargées d'alfa, qui venaient après, pussent passer sans risquer d'être embourbées. Les animaux enfonçaient un peu, ainsi que les roues, dans la partie vaseuse, mais nous observions la résistance que donnaient les herbes très-tenaces (suivant l'expression latine : *stipa tenacissima*). Nous avions des conducteurs très-adroits, et il leur était recom-

mandé de ne jamais tracer la même ornière. Ainsi ils coupaient la chaussée suivant plusieurs lignes, tant au milieu que sur les bords. Le sol étant imprégné d'eau, le passage des voitures sur la chaussée, à l'aller et au retour, faisait ressuer l'eau qui se trouvait dans la masse, corroyait l'alfa avec les remblais et faisait un véritable torchis. Les conducteurs étaient l'objet d'une surveillance incessante : ils ne pouvaient passer que sur la chaussée, et on les obligeait à tracer des ornières jusque sur les bords et même sur les talus.

De la première forme nous passâmes à la deuxième, c'est-à-dire que nous chargeâmes la première forme de terres détrempées et que nous mîmes encore par dessus de l'alfa. Toutes les voitures sans exception circulèrent encore pour corroyer et faire le torchis. Nous continuâmes ainsi de forme en forme, exhaussant et épaississant le massif jusqu'à une hauteur de $0^{m}.80$ environ au-dessus du chott. Alors nous donnâmes à la chaussée une forme bombée en son milieu. La surface générale fut ensuite damée en faisant courir les hommes au pas gymnastique et au son du clairon. Des reprises fréquentes de piétinements au pas gymnastique eurent lieu, par exemple en arrivant au travail, car il faisait très-froid le matin. On faisait aussi le pas gymnastique dans la journée pour reposer les hommes des fatigues du travail des bras. Les hommes comprirent bientôt le résultat obtenu par cette sorte de damage et s'y livrèrent volontiers dans la suite.

Dès que notre chaussée fut conduite à la largeur de $5^{m}.20$, que nous voulions lui donner et qui nous parut suffisante, sur une hauteur moyenne de $0^{m}.80$, nous fîmes un recouvrement général d'alfa. Les plants d'alfa furent disposés perpendiculairement à la direction de la chaussée : pour la demi-largeur de droite, les pointes d'alfa dirigées à droite; pour la demi-largeur de gauche, les pointes d'alfa dirigées à gauche. Nous avions ainsi un véritable fascinage. Le fascinage fut recouvert de terre. Lorsque la terre voisine était

trop vaseuse, on la coupait avec les terres des rives du chott. De même les terres des rives du chott étaient mélangées avec d'autres. Des piétinements répétés au pas gymnastique, et toujours suivant la sonnerie de l'ordonnance des tirailleurs, eurent lieu et donnèrent une surface tellement résistante, que l'on pouvait faire passer des prolonges contenant 36 et 37 quintaux métriques de pierres. Quand une lourde voiture de pierres passait, il n'y avait qu'une faible ornière, et aussitôt que la roue quittait le sol qu'elle avait comprimé, l'alfa faisait ressort et l'ornière se relevait. Mais une chose tout à fait importante à considérer, c'est que les plants d'alfa étant disposés perpendiculairement à la chaussée, absolument comme les deux versants d'un chaume, l'eau qui pénétrera la surface supérieure s'écoulera par les tiges d'alfa, en dehors des accotements, *de telle sorte que le fascinage est en même temps un drainage de la route.* Par dessus les terres de recouvrement nous avons mis un empierrement de $0^m.40$ à $0^m.50$ d'épaisseur, que nous avons saupoudré de terre choisie pour lier les matériaux. Le petit détachement de sapeurs de la 14^e compagnie du 3^e régiment du génie était spécialement chargé de ce travail. C'était d'ailleurs à eux qu'étaient confiés les travaux qui demandaient le plus d'intelligence et d'adresse, et ils se sont montrés en cette circonstance ce qu'on les trouve partout, en garnison et en campagne.

Pour la partie où nous trouvions des sels solubles, dans les remblais, nous avons pris la précaution suivante : sur les talus de ces 200 mètres de chaussée que nous avions à élever dans des terrains en partie solubles, nous rangeâmes des plans de sennâr absolument comme on dispose des tuiles sur un toit. Le plant de sennâr, qui se compose de branches, desquelles partent les brins d'herbe dans un seul et même plan, s'y prêtait parfaitement. Nous ne saurions trop attirer l'attention sur cette forme; car c'est de l'observation de la plante que nous avons déduit le pro-

cédé. Nous comparerons donc volontiers l'agencement des brins sur la tige à un objet vulgaire, à un peigne, moins l'inclinaison, qui est oblique dans la graminée. On comprendra ainsi plus facilement la disposition prise pour les talus et définie par analogie avec l'arrangement des tuiles d'un toit. De cette sorte les eaux pluviales qui fouetteront contre les talus ne pourront pas pénétrer, parce qu'elles devront s'égoutter en suivant les brins d'herbes. On fit le revêtement de sennar, d'abord du côté de l'est, puis, quand les hommes furent bien exercés, on fit ce revêtement du côté de l'ouest, qui est celui d'où viennent le plus ordinairement les pluies, et qui pour ce motif devait être plus soigné.

Le travail devait être poussé rapidement, c'était l'ordre donné. De plus on devait craindre l'action des miasmes provenant des vases pendant cette époque de typhus. La chaussée, qui avait 500 mèt. de longueur, 5^{m}.20 de largeur, atteignit la hauteur totale de 1^{m}.20 et fut bordée de talus de part et d'autre, puis élargie à 10 mètres en son centre, afin de former sur une longueur de 30 mètres une gare d'évitement.

En six jours nous eûmes une chaussée très-solide, très-durable et très-roulante. Elle coûta environ 1 800 francs pour la main-d'œuvre militaire. Quelques jours après, elle supportait un convoi de quarante voitures, dont dix-huit, du train, à quatre roues, et dont vingt-deux, à l'entreprise civile, sur deux roues. Les voitures de l'entreprise pesaient à vide 19 quintaux, et leur chargement était de 34 à 35 quintaux, en tout de 53 à 54 quintaux métriques. La largeur des jantes était de 0^{m}.11. Toute la colonne constata qu'après le passage il n'y avait pas d'ornière. De violents orages que la colonne subit à son retour démontrèrent à tous que le drainage avait bien fonctionné, car la chaussée ne se laissait ni détremper ni endommager. Le chott était couvert d'eau quand de nouveaux convois se rendirent à Géryville, et la chaussée offrit la même résistance.

Mascara, mai 1868.

N° 204

MÉMOIRE

Sur la défense du territoire contre les inondations.

Par M. GAUCKLER, ingénieur des ponts et chaussées.

I.

Le fléau des inondations désole périodiquement les provinces riveraines des fleuves français et annule une partie des avantages qu'elles retirent de la proximité des cours d'eau, qui servent de voies économiques aux transports, de moteurs à l'industrie et d'artères d'arrosage à l'agriculture.

La question de défense des terres voisines des cours d'eau a été mise à l'étude en 1856 par une haute initiative; bien des problèmes qui s'y rattachent ont été élucidés depuis cette époque, et cependant les inondations de 1866 ont prouvé que beaucoup reste encore à faire. C'est dans l'espoir d'ajouter une pierre à l'édifice qui est fondé, que nous consignons ici le résultat de nos études.

La création de lacs artificiels ou de grands réservoirs, semblables à ceux dont la nature a si libéralement doté la Suisse, serait certainement un remède souverain contre les inondations, si la configuration de nos vallées et la distribution de leurs centres d'habitations pouvaient s'y prêter. Ces lacs seraient en même temps des lieux de production de poissons des meilleures espèces, qui contribueraient à l'alimentation générale, presque aussi efficacement que les terres dont ils priveraient l'agriculture. Ils serviraient de

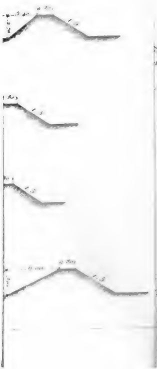
réservoirs aux forces motrices et aux eaux d'irrigation, qui, perdues pour l'agriculture et l'industrie, ravagent les plaines pendant les crues.

Le problème des réservoirs que nous avons étudié dans une partie du département du Haut-Rhin a été si bien approfondi partout, que nous ne le mentionnons qu'en passant. C'est d'ailleurs une question d'études locales, dont la solution varie avec chaque vallée, avec chaque emplacement. Nous nous occuperons donc spécialement des rivières, où la création de réservoirs suffisants est rendue impossible par la forte pente des terrains et le peu d'ampleur des vallées, et de la défense des rives des grands fleuves, bordés par les terres les plus fertiles de l'empire.

II.

Ce sont les eaux des affluents qui produisent le gonflement des rivières et des fleuves; pour remédier au mal, il faut remonter à sa source.

Les eaux des affluents doivent nécessairement arriver au cours d'eau principal; retarder beaucoup leur marche pourrait devenir plus funeste qu'utile. En effet, les averses qui ont causé la crue du Rhône en 1856, ont progressé du midi au nord. Le fleuve coulait à pleins bords depuis plusieurs jours avant que sa crue atteignît les dimensions d'une inondation; la Durance, l'Ardèche, l'Érieux et l'Isère étaient en baisse quand le Rhône supérieur et la Saône ont atteint leur hauteur maxima. Si tous les torrents du sud avaient atteint leur plus grande hauteur en même temps que les rivières du nord, le désastre aurait pris des proportions inouïes. Sur nos autres fleuves, le Rhin excepté, les orages progressent généralement de l'ouest vers l'est, c'est-à-dire de l'embouchure vers la source, et là aussi il ne convient pas de trop retarder l'écoulement des affluents, surtout de ceux qui sont placés vers les embouchures.



Gravé par Dulos

Digitized by Google

Mais ce n'est pas de l'eau seulement que les affluents apportent dans le lit des fleuves ; pendant leurs crues ils charrient d'immenses quantités de matériaux arrachés au flanc des montagnes ou dérobés à leur propre lit par l'érosion. La forte pente des torrents et l'énorme vitesse des eaux de leurs crues leur permettent de rouler et de transporter des matériaux d'un volume tel, que l'eau du fleuve, d'une vitesse comparativement faible, ne les peut plus emporter. Ces débris comblent le lit des fleuves; dès lors les eaux débordent et se gonflent, jusqu'à ce qu'elles atteignent une hauteur assez grande et par suite une vitesse suffisante pour déblayer leur voie naturelle. Cette vitesse extraordinaire des eaux des crues, jointe à l'énorme masse des matériaux charriés, exerce sur les rives des effets désastreux. Les digues sont affouillées, surmontées et emportées, et de vastes dépôts de gravier s'établissent sur le sol des campagnes, d'où les vestiges mêmes du travail des hommes sont enlevés par les courants. Il convient donc de réduire et de supprimer, s'il est possible, le charriage des rivières torrentielles.

Enfin beaucoup d'affluents de nos fleuves ont de fortes pentes qu'ils conservent jusqu'auprès de leurs embouchures. En arrivant au lit principal, la vitesse de leurs eaux est encore très-grande. Si elles avaient une direction sensiblement la même que celle du fleuve — ce qui arriverait (Pl. 177, *fig.* 2) si la rivière AB avait la direction CD près de son embouchure, — leur vitesse acquise produirait une chasse et contribuerait à l'évacuation du lit principal. Malheureusement un grand nombre de nos rivières torrentielles arrivent aux fleuves en suivant des directions normales à celles du lit principal, ou même inclinées vers l'amont. Leurs crues, violemment projetées en travers du lit fluvial, y créent de véritables digues mouvantes, dont l'effort va attaquer la berge opposée. Elles font gonfler le cours d'eau principal jusqu'à ce qu'il ait atteint la hauteur nécessaire pour rom-

pre l'obstacle créé par l'affluent et en détourner la direction. Dès lors le courant secondaire, refoulé sur lui-même, se gonfle à son tour en perdant sa vitesse; les plus pesants des matériaux transportés se déposent près de l'embouchure et forment un atterrissement sur la rive aval, pendant que la rive d'amont est corrodée (*).

L'embouchure tend ainsi, par le jeu naturel des eaux, à remonter vers l'amont du fleuve, et la direction de l'affluent devient de plus en plus dangereuse. Il convient, par suite, de rectifier les embouchures d'un certain nombre d'affluents et de défendre leur rive d'amont.

III.

Si l'on parvenait à empêcher les eaux des fleuves d'atteindre la hauteur nécessaire pour surmonter les digues et à diminuer les dimensions des crues, en en augmentant la durée, il est certain que bien des désastres seraient évités.

Pour atteindre ce résultat, il faudrait favoriser l'écoulement des eaux dans les parties inférieures des rivières affluentes, et le retarder convenablement dans les parties supérieures. Comme généralement les orages progressent de l'embouchure vers la source de nos fleuves, les travaux devraient être commencés dans les parties supérieures des bassins; car si on les commençait à partir de l'embouchure, il se pourrait faire que la crue des rivières d'amont coïncidât avec le maximum des rivières d'aval, dont l'écoulement aurait été retardé. Or les mêmes moyens qui serviront à diminuer la vitesse des eaux empêcheront aussi le transport des matériaux; c'est donc à ce double point de vue qu'il faut étudier la question.

Ce qui cause la hauteur extraordinaire des crues de

(*) Nous avons eu l'occasion d'observer souvent ce fait sur les affluents du Rhône.

nos torrents, c'est l'arrivée presque simultanée de toutes les eaux pluviales d'un même bassin dans le canal de réception, par suite des fortes pentes des affluents supérieurs, qui impriment à leurs eaux une très-grande vitesse, pendant que les pentes plus faibles des affluents inférieurs amènent les leurs plus lentement. Il convient donc, surtout dans les parties supérieures des bassins secondaires, de diminuer la vitesse des affluents. Par là on leur enlève en même temps leur puissance d'érosion et la possibilité de charrier des matériaux d'un poids considérable. Il suffit pour cela de diminuer à la fois la pente et le rayon moyen du profil des cours d'eau.

Le profil d'endiguement d'une rivière se compose essentiellement de trois parties :

1° D'un lit mineur;

2° D'un lit majeur;

3° De digues.

Le lit mineur est constamment affecté à l'écoulement des eaux ; il doit contenir les eaux basses et les eaux moyennes. Le lit majeur, qui doit rester en temps ordinaire affecté à l'agriculture, recevra les eaux des crues qui débordent du lit mineur et sont maintenues par les digues.

La relation qu'il convient d'établir entre ces trois facteurs dépend essentiellement de la nature du lit, du but des travaux et du débit des hautes eaux.

La facilité plus ou moins grande avec laquelle le lit est affouillé, les services que la rivière doit rendre au flottage, à l'irrigation et à l'industrie, enfin le volume des hautes eaux à écouler, détermineront dans chaque cas le profil qu'il convient d'adopter.

Le lit mineur se trouve généralement dans des conditions telles qu'il suffit d'y établir un certain nombre de barrages pour arriver au résultat désiré. Ces barrages, soit fixes, soit mobiles, serviront en temps de basses eaux à gonfler le ruisseau pour le service du flottage et de l'irrigation. Leur

établissement peut se faire d'une manière extrêmement économique. Dans des cas exceptionnels, on garantit le fond des torrents au moyen de pavages ou de seuils en bois.

La nature du sol et la disposition des terrains qui doivent être affectés au lit majeur sont d'une très-grande importance. Réservés à l'agriculture, ils doivent être plantés ou cultivés de telle sorte, que pendant les crues la terre végétale ne soit pas enlevée. Leur inclinaison vers le lit mineur aura pour effet de refouler constamment les hautes eaux vers le courant principal; dans les courbes concaves, leur pente transversale doit être plus forte, afin d'équilibrer l'effet de la force centrifuge. C'est ainsi que dans les chemins de fer on exhausse les rails extérieurs aux courbes. Quelquefois, pour empêcher les courants latéraux, on relie la rive du lit mineur à la digue par des épis en pente, dont la partie supérieure (Pl. 177, *fig.* 3) se dirige souvent à 45 degrés vers la digue et présente un déversoir qui tend à refouler les eaux vers le lit mineur. Ce déversoir doit toujours être garni de perrés et d'un pavage. Citons un exemple (*).

« Après les hautes eaux de 1862, on a remarqué que le lit majeur (Vorland) de la partie supérieure de la rivière la Kinzig (grand-duché de Bade), qui était composé pour la majeure partie de prairies, ne résistait pas à l'attaque des flots, parce que l'épaisseur de la terre végétale y était trop petite et la vitesse de l'eau trop grande pour que le gazon y pût résister. Au contraire, avec une épaisseur de bonne terre, de plus de $0^{m}.30$, telle qu'on la rencontre entre Offenbourg et Grissheim (Pl. 177, *fig.* 1), le lit majeur n'a presque pas souffert. Comme il est presque toujours impossible, dans la partie supérieure de la Kinzig, de se procurer une

(*) J. Naeher, *Travaux de régularisation de la Kinzig.* Mémoire inédit adressé à l'administration grand-ducale des travaux publics de Bade.

si grande quantité de terre végétale, et que la conservation des surfaces des lits majeurs, pendant les crues, est une question d'existence même pour les endiguements, on a, dans ces dernières années, commencé avec beaucoup de succès à planter des saules dans les lits majeurs. Ces plantations ne doivent pas être trop rapprochées, pour ne pas diminuer la section du lit. Elles agissent d'un côté par leur élasticité, pour amortir le courant, et de l'autre, si les saules ne sont pas âgés de plus d'un ou deux ans, ils couvrent la surface du lit majeur et en empêchent l'érosion, comme le ferait un revêtement de fascinages. Ils doivent pour cela être plantés en lignes perpendiculaires à la digue, écartées à 1m.20 de distance les unes des autres. »

L'épaisseur des digues dépend de leur hauteur, de la courbure de leurs alignements et du volume des hautes eaux. Elle est fonction de la pression qu'elles doivent supporter. Les talus intérieurs doivent avoir une inclinaison d'autant plus faible qu'ils seront longés par des courants plus rapides. En général, on fait bien de leur donner une inclinaison de deux de base pour un de hauteur. On les garantit par une couche de terre végétale plantée de saules ou de bois analogues, et au besoin on les couvre de tunages ou de perrés enrochés au pied.

Pour empêcher qu'à leur partie supérieure les digues en terre ne soient percées par les souris et les taupes, on a soin de placer vers le milieu, une couche verticale de sable fin, qui, s'éboulant constamment dans les galeries, ne leur permet pas de traverser l'ouvrage.

IV.

La rectification des embouchures des affluents ne présente aucune difficulté. Une coupure vers l'aval, dirigeant le cours d'eau de la manière la plus favorable pour contribuer à augmenter la rapidité de l'écoulement des eaux du

fleuve, pourra être élargie par l'érosion naturelle, due à l'augmentation progressive du débit, à mesure qu'on rétrécit et ferme l'embouchure actuelle. Un fort épi, placé sur la rive d'amont et qui maintiendra la direction du courant vers la coupure, sera très-suffisant pour obtenir cet effet. Comme les eaux des affluents ont généralement une vitesse bien supérieure à celle des fleuves, elles en hâteront l'écoulement, au lieu de l'entraver, comme il arrive aujourd'hui.

Nous devons placer ici une remarque qui explique certaines anomalies que semblent présenter les cours d'eau en crue. A moins de circonstances exceptionnelles, tenant à la configuration du terrain et qui déterminent un thalweg fixe, le courant principal des hautes eaux dans un torrent se trouve placé du côté opposé au courant des eaux basses. Cela provient de ce que le courant le plus rapide transporte les matériaux les plus denses, qui ne pourraient être déplacés dans les parties de la rivière où la vitesse est moins grande. Aussitôt que les eaux commencent à baisser, les matériaux de fort volume se déposent, exhaussent le fond sur le parcours du courant principal, et refoulent les eaux moyennes vers la rive opposée. Ces dernières y creusent le lit des basses eaux dans les matériaux ténus, déposés par les portions de la rivière qui, pendant les hautes eaux, possédaient la moindre vitesse. Cette loi est surtout utile à connaître lorsqu'on doit établir des ponts sur des rivières torrentielles et qu'il est impossible de les fonder sur un sol résistant. Généralement, il convient de soigner les fondations du côté de la rivière, où des traînées de gros blocs semblent les défendre naturellement contre l'action des eaux, dont le lit paraît invariablement établi sur l'autre rive.

La rectification des embouchures des affluents torrentiels aurait surtout une très-grande importance sur le Rhône. Elle y serait d'ailleurs facile et peu coûteuse. Lorsqu'après

les inondations de 1856, l'idée de rectifier les embouchures des affluents s'est présentée à nous comme une mesure indispensable pour prévenir des désastres futurs, elle nous a semblé neuve, et nous ne l'avons hasardée qu'avec réserve dans le rapport qu'en cette année nous avons eu l'honneur de remettre à M. l'inspecteur général Belin. Nous avons appris depuis cette époque qu'il existe un rapport daté de 1812, de M. Conrad Escher, sur les conditions hydrauliques de la rivière de Steinbach, canton d'Unterwalden (Suisse). Cet ingénieur insiste pour qu'on empêche le torrent de se creuser un lit plus profond dans son cône de déjection (Schutthalde). Il conseille le rétablissement de l'embouchure du ruisseau dans la rivière d'Aa, suivant un angle aigu, et l'enlèvement des matériaux de son lit (*).

V.

Il n'y a pas de raison pour baser le profil normal de l'endiguement des grands fleuves sur des règles différentes de celles que nous avons énoncées pour leurs affluents. Les résultats obtenus pour le Rhin proclament hautement l'excellence de cette méthode. Pour augmenter la rapidité de l'évacuation des crues, il convient d'augmenter la pente des fleuves en diminuant leur parcours.

C'est ainsi que la régularisation du Rhin a raccourci le thalweg de 0.14 de sa longueur. Les travaux de rectification ont pour effet de faire nettoyer le lit mineur des graviers qui l'obstruent et de faire baisser le niveau moyen des eaux. Pendant les crues, le courant principal se maintient dans ce lit, creusé par le fleuve lui-même, où le plus grand volume de l'eau trouve les conditions les plus favorables à son écoulement. On obtient ainsi un second avantage, car

(*) Culmann. *Les torrents de la Suisse*, rapport au haut conseil fédéral, p. 257. Zurich, 1864.

l'on abrite les digues contre le choc normal ou peu incliné du thalweg, qui leur est presque toujours fatal. Dans ce cas, il se produit de violents affouillements au pied de la digue qui supporte le choc, et les eaux, se gonflant énormément contre les talus, peuvent emporter l'ouvrage par déversement.

Le lit mineur est maintenu par les digues submersibles ou par les berges naturelles, selon les circonstances. Ses talus sont garnis intérieurement de perrés, de pierres roulantes ou de revêtements de tunages, selon les besoins, et extérieurement de saules plantés en lignes parallèles à l'axe de la levée.

Pour l'exécution des digues de régularisation, nous reproduirons ici les règles posées récemment par un auteur étranger (*).

« Sur les grands fleuves d'Allemagne, dit cet auteur, on a renoncé à construire les rives régularisées avec toute la solidité qu'elles comportent immédiatement; car aux endroits où on les établit, le fleuve produit, peu après, ses plus grands affouillements. Si l'on voulait partout fonder les travaux plus bas que les érosions les plus profondes, il en résulterait des dépenses trop considérables; on a donc recours à une espèce de construction élastique. Les levées sont exécutées en fascines, qui ne se disloquent pas comme les murs, quand elles sont minées par un affouillement, mais qui s'affaissent en bloc et remplissent les excavations.

« Ces constructions en fascines sont exécutées de deux manières différentes : tantôt elles consistent en couches alternatives de fascines et de matériaux destinés à les charger, et alors on leur donne le profil d'une digue ordinaire en terre, tantôt on les forme de plusieurs saucissons indépendants les uns des autres, mais présentant une grande longueur. Ces saucissons se composent de fascines qui en-

(*) Culmann. *Les torrents de la Suisse.*

veloppent un cylindre de matériaux pesants et qui sont fortement liées avec du fil de fer. La première méthode convient surtout aux constructions des grands fleuves et a été employée avec succès sur le Rhin, le Danube, l'Elbe et le Weser; la seconde se prête mieux à la régularisation des rivières moins importantes, dont les eaux ont une vitesse plus grande et qui charrient plus de matériaux. Elle a été suivie avec les meilleurs résultats sur le Lech et sur d'autres rivières torrentielles de la Bavière. »

Sur le Rhin les deux systèmes ont été combinés; les digues de régularisation ont été construites sur fondation de fascinage; leurs talus ont été revêtus de tunages et leurs pieds défendus par des saucissons de gravier. Lorsque, par suite des affouillements, les talus ont atteint une certaine profondeur, on les recouvre de pierres.

Les digues submersibles sont munies de passes de colmatage, par où les hautes eaux peuvent se répandre dans le lit majeur et s'élever en arrière des digues, en même temps que le fleuve monte dans le lit mineur. De cette façon, quand la submersion commence, on n'a pas à craindre de rupture par suite du déversement qui affouillerait le talus extérieur et son pied. Aux rives régularisées du Rhin on a laissé au début une passe de colmatage de 40 mètres en moyenne, pour une longueur de rive régularisée de 500 mètres. Il convient de garnir ces passes de seuils, de saucissons, de tunages ou de pavages placés au niveau des eaux basses; par là on maintient ces dernières dans le lit mineur et on empêche la formation de courants secondaires dans le lit majeur. On protége en même temps les têtes des digues opposées à la direction des eaux, contre des affouillements dangereux; les seuils agissent alors comme les radiers des ponts pour la protection des culées. Là où il existe des bras secondaires destinés à être colmatés, on laisse complétement libre leur passe d'aval.

L'établissement d'une rive régularisée a presque toujours

pour effet d'attirer le thalweg contre les ouvrages neufs, dont il faut immédiatement défendre le pied. Les conditions les plus favorables à la consolidation des travaux se produisent ainsi peu de temps après leur établissement. A Coire, en Suisse, on a obtenu ce résultat remarquable, que la régularisation exécutée sur une rive seulement a attiré et fixé le fleuve contre cette rive, derrière laquelle le colmatage se fait avec un grand succès. De cette façon les travaux sur la rive opposée sont devenus inutiles. Des effets analogues se sont produits dans le canton du Tessin, sur la Leventina, près de Piotto, et sur le Breno, en aval de Malvaglia.

Les digues principales sont placées à une distance assez grande pour que le lit majeur suffise à la facile évacuation des eaux d'inondation. Les terrains compris entre les digues s'élèvent de plus en plus par suite des dépôts de matières fertilisantes, et des levées transversales contribuent à leur donner peu à peu l'inclinaison vers le lit mineur. On pourra y établir des prairies des plus grasses, à la condition toutefois de les protéger par des lignes de saules ou des haies d'épines qui arrêteront les graviers et toutes les matières charriées, dont le dépôt pourrait nuire aux herbes. Il sera facile de tirer de l'eau d'irrigation de la rivière même, au moyen des passes d'amont.

Les résultats généraux obtenus sur le Rhin par l'emploi de ce système sont trop connus par les rapports, en partie publiés, de M. l'inspecteur général Coumes, pour que nous les rapportions ici. Je ne rappellerai que l'effet remarquable produit par le raccourcissement du thalweg, qui s'est traduit par la formation d'un lit mineur bien déterminé, qui diminue la hauteur des crues et les évacue plus rapidement. L'assainissement de la contrée a été complet, les risques d'inondations ont à peu près disparu, et 16000 hectares d'excellentes terres ont été rendus à l'agriculture des deux départements du Haut et du Bas-Rhin.

VI.

Nous allons exposer maintenant quelques-unes des méthodes suivies à l'étranger et les résultats auxquels on est parvenu.

C'est en Suisse surtout que les dépôts de matériaux charriés par les torrents alpins causent de grands ravages. On y a remédié en beaucoup d'endroits au moyen de barrages transversaux plus ou moins semblables à ceux qui ont été proposés en 1857 par M. l'ingénieur en chef des mines Scipion Gras (*), et d'endiguements plus ou moins bien entendus.

Parmi les barrages employés, le meilleur système, à notre avis, et le plus économique, a été mis en pratique au val de Verona, dans le canton des Grisons.

Nous traduirons ici ce qu'en dit M. Culmann, auteur d'un rapport au haut conseil fédéral sur les torrents de la Suisse :

« Un des torrents les plus dangereux est celui du val de Verona, dans lequel, pendant les années 1834, 1839, 1842 et 1845, de grandes masses de matériaux (*bedeutende Muhrgaenge*) descendirent dans la vallée en y détruisant beaucoup de propriétés.

« Le torrent, profondément encaissé dans une plaine de déjection, s'appuie vers l'amont, du côté gauche, sur un rocher solide de talc, pendant que du côté droit les rives se composent de terrains faciles à entamer, qui alimentent le charriage. La vallée s'élève avec une pente croissante jusqu'aux glaciers de Ponte-Verona, dont le voisinage lui est particulièrement funeste. En effet, l'action des pluies chaudes en détache des blocs de glace qui, plus légers que les blocs de rochers, descendent plus facilement dans le lit du ruisseau. Ils choquent alternativement les deux rives, et en

(*) *Annales des ponts et chaussées*, 1857, 2e vol.

détachent ainsi des matériaux qui viennent augmenter le charriage plus qu'il n'arriverait sans leur action.

« On a déjà commencé les travaux de barrage de ce torrent, et il s'y trouve aujourd'hui environ cinquante barrages, que nous considérons comme les meilleurs au point de vue de la construction, et que nous présenterions volontiers comme modèles.

« Ces barrages (Pl. 177, *fig.* 4) consistent en murs circulaires de 2 mètres d'épaisseur, construits en pierres sèches; leur fruit, considérable, est déterminé par 3 de base pour 1 de hauteur. Ces murs sont superposés suivant l'inclinaison transversale du terrain et se trouvent par conséquent sensiblement plus bas au milieu de l'arc qu'à ses deux extrémités. Cette disposition leur évite le danger d'être tournés, parce que l'eau est toujours dirigée vers le point le plus bas et s'y écoule de préférence. Ce point n'est pas nécessairement au milieu; il convient de l'établir au-dessus de l'endroit le plus solide des fondations.

« La fondation a une saillie de 0m.50; elle se présente à nu et n'est protégée que rarement au moyen de quelques enrochements. Chaque mur circulaire a 2 mètres de hauteur, se place en retraite de 0m.50 sur le précédent, et s'allonge naturellement d'autant plus, que le lit du torrent s'est lui-même élargi à cette hauteur.

« Les joints verticaux sont dressés suivant le rayon de la courbe, de manière que chaque anneau mural figure une section de voûte couchée, pour l'exécution de laquelle on choisit les plus gros blocs qui se rencontrent dans la vallée.

« On commence par établir le mur inférieur, et on attend pour élever le barrage, que le remblai en amont ait atteint l'arête d'aval du couronnement. C'est alors seulement qu'on ajoute un nouveau mur.

« Ce qui nous plaît surtout dans ces barrages, c'est que par suite de l'énorme fruit d'un tiers, le mur acquiert une stabilité telle qu'il peut toujours se construire en pierres

Digitized by Google

sèches, par le simple rapprochement des libages, sans apprêts, sans aide de maçons, par de simples manœuvres. La durée du barrage dépend d'ailleurs plus de la dimension des pierres employées que de leur résistance ou des soins apportés à l'exécution. Ces barrages peuvent par conséquent s'exécuter partout par les habitants mêmes des communes menacées, sous la direction d'un surveillant qui, une seule fois, en a vu établir, ou mieux, qui y a travaillé. L'importance du fruit permet de donner à tous les murs la même épaisseur, peu considérable, de 2 mètres. Ces constructions ne fonctionnent pas, en effet, comme murs de soutènement, mais plutôt comme revêtement de talus en terre qui ne doivent pas être soutenus, mais protégés contre l'érosion : ce sont des perrés et non des murs. Partout où il est possible de donner aux murs un certain développement, ce qui arrive dans le plus grand nombre de cas, la forme circulaire s'abaissant vers le milieu est la plus convenable. Il en résulte que le torrent s'étale en couche plus mince, moins destructive par conséquent, et que ses lames les plus épaisses peuvent être dirigées vers le point le plus solide des fondations. Les portions extrêmes des murs forment des culées naturelles, que leur position plus élevée met à l'abri du contournement. Enfin ces barrages sont remarquablement économiques, car les cinquante barrages du val de Verona n'ont coûté en tout que 3 500 francs (soit en moyenne 70 francs chacun).

« Nous devons du reste manifester quelques inquiétudes au sujet des barrages tels qu'ils sont exécutés dans le val de Verona. Aucun d'eux n'est convenablement fondé. La maçonnerie est établie sans précaution sur le fond du ravin, et on ne retrouve aucune trace de ces masses de pavages ou d'enrochements, que d'épais troncs d'arbres retiennent ailleurs au pied des murs de chute. Nous craignons bien que de temps en temps un de ces barrages ne vienne à s'écrouler ; mais quel mal y aura-t-il ? Il n'y aura aucun danger,

pourvu que tous à la fois, et surtout le barrage inférieur, ne s'écroulent pas dans le même moment. Des fondations plus soignées pour les cinquante barrages auraient coûté plus que la reconstruction de quelques-uns d'entre eux. En second lieu, nous craignons que les saillies de $0^m.50$ ne soient pas très-convenables. Il est vrai qu'on n'a pas à craindre le choc de l'eau, coulant en lame mince et souvent interrompue par les rebords, car elle n'a plus assez de vitesse pour attaquer les fondations; mais nous ne pouvons pas croire qu'il ne descendra jamais qu'une simple nappe d'eau par-dessus les murs, et nous demandons comment agiront des blocs de rochers, qui, après l'exhaussement du lit derrière les barrages, viendront à rouler par dessus. Ne détruiront-ils pas les saillies en même temps que les murs?

« A l'origine du bassin, sous le glacier, on établit un barrage beaucoup plus grand et très-solide, dans le but d'arrêter les blocs de glace qui se détachent pendant l'été et qui sont fort dangereux.

« Tous ces travaux sont exécutés par des syndicats. Les propriétés situées sur le Verona sont partagées en trois classes qui contribuent aux travaux respectivement pour 26 francs, $19^f.50$ et 13 francs par arpent, soit dans le rapport de 2, 1 1/2 et 1. En outre la commune y contribue pour un cinquième, soit 1 000 francs, l'ensemble des travaux étant estimé en tout à 5 000 francs. »

Nous ne partageons pas les craintes exprimées par l'auteur au sujet de l'action des blocs de rocher roulant par dessus les barrages, parce que ces derniers auront justement pour effet d'empêcher le transport des gros blocs, aussitôt que les travaux seront achevés jusqu'au sommet du bassin. Si le barrage établi par M. Scipion Gras dans la Roise (Isère) a été détruit en partie par une cause semblable, c'est qu'il se trouvait seul pour arrêter les dépôts de la rivière et qu'il était établi dans des conditions moins favorables pour résister à son action.

Voici d'autres exemples tirés du même auteur :

« La Tourtemenne (affluent du Rhône dans le canton du Valais) s'élance dans la vallée du Rhône par une chute de 24 mètres de hauteur. Immédiatement au-dessous commence le cône de déjection, qui a une pente d'environ 2.5 p. 100 et un rayon d'un kilomètre en moyenne. Les matériaux de ce cône se composent de gravier fin et vaseux, pendant que la rivière transporte des graviers de 3 à 4 décimètres cubes. Le ruisseau, large de 5^{m}.50, est traité très-judicieusement. On a formé deux digues parallèles, en choisissant annuellement et en amoncelant sur les bords toutes les pierres de plus d'un décimètre cube. Entre ces digues, la rivière s'approfondit d'elle-même et entraîne vers le Rhône les matériaux plus ténus, ce qui semble prouver qu'on a adopté une largeur convenable.

« Chacun des cent vingt ménages de la commune de Tourtemann paye 10 francs par an pour ces travaux, et la propriété foncière paye en outre 14 p. 1000 de la valeur des terres. »

Dans le canton de Glaris on a arrêté le charriage de plusieurs torrents au moyen de haies transversales en clayonnages qu'on a établies dans les ravins, en partant de l'aval. Chaque fois qu'une haie est comblée, on en établit une autre plus haut. Ces travaux ont surtout pour but de protéger le sol contre l'érosion, dont l'effet est si rapide, que tel ravin qui n'avait que 10 mètres de largeur il y a cinquante ans, en avait 60 il y a quelques années, quand on a commencé les travaux de défense. Nous rappellerons à ce sujet le mémoire publié en 1856 par M. le commandant Rozet, qui constate que les haies vives ont arrêté les graviers de la Loire et sauvé des maisons, qui, bien qu'inondées jusqu'au toit, ont été préservées de tout affouillement.

Si maintenant nous tournons nos regards vers la France, nous voyons que les populations du bassin du Rhône, au-

dessous de Lyon, ont exécuté des travaux gigantesques pour retenir les terres sur les flancs abrupts des montagnes. D'innombrables murs de pierres sèches forment autant de gradins qui soutiennent les vignobles. Pourquoi ne transformerait-on pas, d'après le système du val de Verona, la pente des vallées en séries de chutes d'eau, qui amortiraient la vitesse des rivières et empêcheraient le transport des graviers? Les recherches que nous avons faites dans l'Ardèche nous ont prouvé que beaucoup de torrents à forte pente étaient barrés autrefois, de distance en distance. Ces barrages existent encore dans certains ravins. Aujourd'hui le morcellement des propriétés, en empêchant leur entretien, en a fait disparaître le plus grand nombre. Il serait facile et peu coûteux de les relever partout et de conjurer ainsi le péril redoutable des inondations.

Les rivières des vallées d'Alsace présentent tous les caractères d'anciens torrents. A l'issue des vallées, vers la plaine, s'étend toujours un immense cône de déjection, dont le rayon atteint jusqu'à 7 kilomètres et qui porte les traces d'anciens lits, dont quelques-uns ont servi à l'établissement de canaux usiniers. Des restes d'anciennes habitations prouvent que telle rivière a exhaussé son cône de déjection de plus de 4 mètres depuis le quatorzième siècle. L'industrie, en barrant les cours d'eau, a mis fin à l'état chaotique d'autrefois; presque toutes les pentes sont utilisées sous forme de chutes, et si des crues exceptionnelles causent encore quelques dommages, ils portent surtout sur les constructions industrielles établies avec trop de hardiesse ou d'imprudence près du lit des cours d'eau.

L'importante rivière d'Ill présente près de Colmar des restes notables d'anciens travaux, qui déterminaient son lit majeur. Ces travaux étaient, à notre avis, beaucoup plus rationnels et moins coûteux que le système unique de digues insubmersibles qui a été introduit plus tard. Nous rappellerons à ce sujet le mémoire de M. l'ingénieur en chef

Dausse (1856), et particulièrement la description qu'il a faite des ségonaux (lit majeur) du Rhône.

VII.

En Suisse, il a été exécuté une foule de travaux divers, tendant au même but, mais sans impulsion centrale et surtout sans direction technique suffisante. Il n'en a pas été de même dans le grand duché de Bade, où les efforts persévérants de l'administration et des populations, dirigés par des hommes d'une haute capacité scientifique, sont parvenus à mettre un frein aux dévastations des torrents de la forêt Noire.

Les rivières les plus importantes ont été munies d'endiguements qui, aujourd'hui, sont presque achevés. Ce sont, sans compter le Rhin, la Wutach, l'Elz, la Dreisam, la Kinzig, la Rench, la Murg et le Neckar (*).

Des travaux partiels ont été exécutés sur le Mein et l'Enz. Les dépenses faites pour tous ces travaux s'élèvent aujourd'hui à environ 10 millions de francs, pour une longueur totale de rivières endiguées de 369 kilomètres, soit une dépense moyenne de 27f.10 par mètre courant.

Pour donner une idée de ces travaux, nous allons rapporter quelques-unes des dispositions adoptées pour la Kinzig.

Cette rivière prend sa source à une hauteur de 840 mètres au-dessus du niveau de la mer, au pied du massif du Kniebis, non loin de la ville de Freudenstadt, dans le royaume de Wurtemberg (Pl. 177, *fig.* 1). Depuis la frontière badoise jusqu'au Rhin, elle a une longueur de 82 260 mètres, pendant que sur le territoire wurtembergeois son cours n'a qu'environ 15 kilomètres de développement.

(*) *L'endiguement des rivières.* Mémoire publié par la direction Grand ducale des travaux publics de Bade. Carlsruhe, 1863.

Le bassin de la rivière, jusqu'à la plaine du Rhin, près d'Ortenberg, embrasse une surface de 100 950 hectares, non compris celui de la Schutter, qui se jette dans la Kinzig, près de son embouchure dans le Rhin, à Kehl.

Les affluents les plus importants sont :

1° La Schiltach, d'une longueur de 28 800 mètres;

2° La Wolff, de 30 000 mètres;

3° La Gutach, de 27 000 mètres;

4° Le Muhlbach et la Welschsteinach, de 10 000 mètres;

5° La Harmersbach, de 17 000 mètres;

6° La Schutter, de 56 000 mètres.

Le débit des plus hautes eaux connues a été de 1 300 mètres cubes par seconde dans le voisinage de Biberach, et la vitesse maxima de 4m.50, au milieu du courant et dans un profil entièrement fermé.

Les pentes de la Kinzig sont, dans l'état actuel, les suivantes :

a. Entre la frontière badoise et Hausach, sur des parties non endiguées pour la plupart, elles varient de 0m.0236 à 0m.0039 par mètre.

La pente totale est de 166m.80 pour une longueur de 25 kilomètres, soit en moyenne 0m.0066.

b. Entre Hausach et Griessheim, sur une portion presque entièrement régularisée et endiguée de 47 700 mètres de longueur, à la partie supérieure, la pente est de 0m.0036; à la partie inférieure elle est de 0.00106; la pente totale est de 90m.90.

c. Entre Griessheim et l'embouchure dans le Rhin, près d'Auenheim, la pente est de 0m.00079.

Près de l'embouchure elle est réduite à 0.00064. La pente totale de la rivière dans le pays de Bade est de 271m.80.

Au commencement du siècle, la Kinzig présentait l'image de presque tous les torrents de la forêt Noire, où, en l'absence complète de surveillance et de travaux de défense, l'état de la rivière était aggravé encore par de nombreux

barrages, établis arbitrairement, et par les constructions relatives au flottage.

En aval de Hausach, les inondations s'étendaient sur plus de 2 kilomètres en largeur, et plus de trente villages étaient submergés pendant les crues ordinaires.

Ce n'est qu'en 1816, après la fin des guerres, qu'on songea sérieusement à remédier à cet état de choses, et jusqu'en 1834 on exécuta un certain nombre de rectifications, pour lesquelles on dépensa, entretien compris, une somme de 877000 francs, soit 48700 francs annuellement. Mais dès 1840 les fonds affectés à l'entretien et aux travaux neufs s'élevèrent annuellement à 65000 francs.

A mesure que les travaux d'endiguement progressèrent, le flottage augmenta, et avec lui la difficulté d'exécuter et d'entretenir les travaux.

Quoique dès l'année 1840 on eût abandonné la méthode des éperons et introduit un système de digues parallèles et continues, cependant les travaux ne progressèrent que lentement, faute de ressources suffisantes.

Les dépenses exceptionnelles qu'on dut faire pendant les années 1849, 1850 et 1851, pour réparer les dommages causés par les hautes eaux, firent allouer dès 1852 des crédits extraordinaires à la rectification de la Kinzig, et des mesures furent prises pour éviter à l'avenir les avaries que causaient les fortes crues.

Le flottage et le grand nombre de ponts en bois établis sur des chevalets contribuaient à augmenter les dommages. Presque à chaque crue, une grande partie des bois approvisionnés sur les rives étaient enlevés par les eaux et échoués en masse, contre les palées des ponts; il en résultait des débordements, des ruptures de digues et la ruine même des ponts.

Pendant l'année 1851, tous les ponts de la Kinzig furent ainsi détruits, en tout ou en partie, et même le viaduc du chemin de fer, près d'Offenbourg, courut les plus grands dangers.

En conséquence, le gouvernement grand-ducal régla le flottage entre l'étang de Schenkenzell et Kehl par l'ordonnance du 17 janvier 1853, qui renferme des dispositions spéciales pour la protection des digues. Malgré cela, la grande crue du mois de janvier 1862 emporta de nouveau de grandes masses de bois, qui, agissant en même temps qu'une énorme quantité de matériaux de transport, rompirent plusieurs digues et détruisirent plusieurs ponts, notamment deux grands ponts près de Wolfach.

L'organisation d'un personnel spécial pour la surveillance et le remplacement successif des ponts à chevalets par des ponts de fer, font espérer qu'à l'avenir les dommages seront moins importants. Mais tant que la régularisation ne sera pas achevée, que les rives ne seront pas couvertes par des enrochements, que le lit majeur ne sera pas définitivement établi et que l'endiguement ne sera pas complet, il se produira des avaries pendant les crues, et les frais d'entretien seront relativement élevés. Plus les travaux seront avancés, plus rares deviendront les accidents, de sorte que, à ce point de vue, il convient de pousser rapidement les travaux à leur achèvement.

Parmi les ouvrages les plus importants exécutés pour la régularisation de la Kinzig, il faut ranger ceux qui s'étendent de Kehl jusqu'au Rhin, près d'Auenheim. Ils ont été exécutés pendant la période de 1852-1861 et ont coûté 377.806 francs pour une longueur de 6.740 mètres.

Par l'ensemble des travaux exécutés jusqu'en 1862, le cours de la Kinzig, depuis la forge de Hausach jusqu'à Griessheim, a été régularisé sur plus de 40 kilomètres de longueur et diminué par là de plus de 13 kilomètres. On peut encore le réduire de plus de 3 kilomètres en achevant la régularisation entre Griessheim et Neumühl. Cependant, en aval de Hausach, sur la portion régularisée, les digues n'ont pas encore partout le profil normal.

En amont de Hausach, vers la frontière wurtembergeoise,

les travaux se bornent à la défense des rives. Le manque d'argent a empêché jusqu'à présent sur ce parcours l'exécution de travaux plus importants, par lesquels on aurait pu éviter de nombreux dégâts.

Les dépenses faites pour la Kinzig de 1842-1861 s'élèvent à 1 752 524f.45, et se décomposent de la manière suivante :

	fr.
Dépenses d'entretien ordinaire.	688 324.65
ou par année moyenne 38 715f.05;	
Travaux neufs.	364 818.45
ou par année moyenne 18 240f.60;	
Coupures.	23 597.65
Crédits extraordinaires.	653 662.25
Frais de surveillance.	22 121.35
ou par année moyenne 1 107f.25.	

Les contributions particulières et communales se sont élevées à la somme de 471 793f.85, en sorte que l'État a fait une dépense de 1 280 730f.60.

Les travaux à exécuter encore s'évaluent de la man suivante :

Entre Hausach et le Rhin :

1° Pour travaux complémentaires sur les 40 kilom. de rivière régularisée et pour digues neuves entre Hausach et Auenheim.	567 500.00
2° Pour redresser la rivière près de Hasslach.	107 500.00
3° Pour le redressement de Biberach.	300 000.00
4° Pour le redressement entre Griessheim et Neumühl.	1 075 000.00
Total des travaux.	2 050 000.00

Entre Hausach et la frontière wurtembergeoise, il reste à dépenser 107 500 francs.

L'ensemble des travaux à exécuter encore sur la Kinzig pour sa régularisation s'élève donc à environ 2 200 000 fr. (*). Ajoutons qu'on projette l'établissement d'un port de flottage dans le voisinage de Kehl, dont les frais de construc-

(*) Depuis la rédaction du mémoire les travaux ont été à peu près achevés.

Digitized by Google

tion, d'après une estimation dressée en 1863, s'élèveront à 688 000 francs.

VIII.

Après les aperçus généraux qui précèdent, nous allons donner quelques détails sur la manière dont les travaux ont été exécutés.

Afin de diminuer la vitesse de l'eau dans les parties supérieures de la rivière où la pente est la plus forte, on a adopté des profils comparativement plus larges que dans les parties inférieures. Là où l'on n'a pas pu se rendre compte directement de la quantité d'eau que débite la rivière en crue, on a supposé un débit maximum de 125 litres par seconde pour 100 hectares de superficie de bassin. Ce chiffre est à peu près d'accord avec l'expérience; hâtons-nous toutefois d'ajouter qu'il n'est relatif qu'au bassin de la Kinzig, et que, pour les autres rivières, on fait usage de données différentes.

Le profil adopté entre Hausach et Steinach présente un lit mineur de 21^{m}.60 et un lit majeur de 72 mètres (Pl. 177, *fig.* 7). Entre Steinach et Gengenbach, le lit mineur n'a plus que 21 mètres et le lit majeur 60 mètres, de même que de Gengenbach à Griessheim; mais dans ce dernier, la pente transversale jusqu'au milieu du lit mineur est moindre.

A partir de Kehl, où la Kinzig reçoit l'important affluent de la Schutter, le lit mineur s'élargit à 37^{m}.80 et le lit majeur prend la dimension de 70^{m}.80.

Les digues ont 1^{m}.80 en couronne et un talus intérieur de 2 de base pour 1 de hauteur; extérieurement, leur inclinaison est de 1.5 de base pour 1 de hauteur. Les pentes transversales totales sont de 0^{m}.60 pour les lits majeurs des trois premiers profils et de 0^{m}.75 pour le dernier.

Les rives régularisées, protégées d'abord par des travaux de fascinage, ont été ensuite recouvertes de pierres. Ce mode de premier établissement est le plus résistant à

cause de son élasticité, mais il a le défaut d'exiger beaucoup d'entretien. Quand le chenal est bien déblayé et qu'on n'a pas à craindre de profonds affouillements à la base des digues, on recourt à l'emploi de la pierre.

Les travaux de construction en fascinage se composent en général de trois parties distinctes : la fondation, la plate-forme et la superstructure. Les fondations se font en remblai de gravier quand il y a peu de profondeur, et en fascines ou en saucissons lorsqu'on fonde dans l'eau. Ces saucissons s'emploient quand il y a du courant et se placent les uns à côté des autres dans le sens de la longueur, parallèlement à la direction de l'eau, dont l'action ne peut s'exercer ainsi que sur leur tête.

Les talus des fondations sont toujours protégés soit par des tunages, soit par des saucissons.

La plate-forme se compose d'une couche de fascinages solidement reliés par des piquets fortement réunis par des clayonnages. La partie supérieure des fascines, où les branches sont plus minces et plus flexibles, est placée vers l'extérieur et dirigée vers l'aval. La superstructure ou digue proprement dite se compose d'un noyau de gravier protégé par un revêtement de tunages recouverts de terre végétale. Lorsque la digue doit présenter plus de résistance, on construit son noyau avec des couches alternatives de fascines clayonnées et de gravier.

Nous ne donnerons pas d'autres détails de ces constructions en bois qui sont connues en France et appliquées sur une grande échelle à la rectification du Rhin.

Les rives régularisées sont reliées aux digues (Pl. 177, *fig.* 6) par des levées transversales ou traverses, établies à 60 mètres de distance l'une de l'autre, avec une rampe de 1.5 à 2 p. 100 à partir de la rive. Dans la région supérieure de la Kinzig, ces traverses ont moins de pente que dans la région inférieure, où dans les parties concaves leur rampe atteint souvent 2.5 p. 100 pour une largeur de ter-

rain de 24 mètres entre la rive et la digue. Ces traverses en pente et dont l'alignement est brisé et incliné vers l'aval à leur partie supérieure, ont pour effet d'exhausser peu à peu le lit majeur; elles y réduisent la vitesse des hautes eaux à 0.40 de la vitesse du courant du thalweg, de sorte que leur effet destructif est presque annihilé. Les traverses sont établies sur fascines avec plate-forme, et leur couronnement est protégé par des tunages ou par des perrés.

Ces derniers sont consolidés par des seuils en bois fixés par des piquets. Le mètre courant de traverse a coûté en moyenne 7 francs. A l'endroit où la traverse se relie à la grande digue se place toujours un perré, et le pied de l'ouvrage est protégé par des plantations de saules.

Partout où le terrain ne présente pas assez de résistance naturelle entre les traverses, on plante des lignes de saules qui le protégent contre l'érosion. Ces plantations sont écartées de $1^{m}.20$ les unes des autres et sont parallèles à l'arête d'aval du couronnement de la traverse. Le mètre quarré de semblables plantations revient, tout compris, à $0^{f}.15$.

Tous ces travaux n'ont éprouvé que des dommages insignifiants pendant les crues qu'ils ont eu à supporter. Lorsque la rivière sera complétement rectifiée, la vallée de la Kinzig, aussi bien que la partie de la plaine du Rhin qu'elle parcourt, seront complétement à l'abri des inondations, dont les ravages étaient autrefois si fréquents.

IX.

Pour terminer cet exposé, nous avons dressé le tableau synoptique de l'état d'avancement des travaux d'endiguement des rivières principales du pays de Bade. Il en ressort que si de grands efforts ont été faits jusqu'à ce jour, efforts couronnés de véritables succès, il reste encore beaucoup à faire. Les données qui suivent sont tirées de la statistique officielle, qui a été dressée en 1864 pour être mise sous les yeux des Chambres des représentants du pays.

Tableau statistique de l'état d'avancement des travaux de canalisation des rivières du grand-duché de Bade

à la fin de l'année 1863.

NOMS des rivières.	Longueur.	Surface du bassin de réception.	Débit maximum par seconde.	Longueur endiguée.	Longueur à canaliser encore.	Dépenses faites par l'État.	Contributions parti-culières.	Dépenses restant à faire.	OBSERVATIONS.
	mèt.	hect.	m. c.	mèt.	mèt.	francs.	francs.	francs.	
Wutach	26 000	111 600	13 00	19 560	50 440	594 702.90	64 514.00	99 300	La partie supérieure de la rivière est encaissee entre des rochers.
Schluecht	24 500	19 398	236	24 500	»	7 4780.00	»	»	
Dreisam	27 300	33 620	300	27 300	»				
Elz	57 500	62 400	660	57 500	»	2 079 273.60	634 248.50	340 000	Le canal Léopold reçoit l'Elz et la Dreisam. Il n'y reste à faire que des travaux supplémentaires.
Canal Léopold. .	10 040	96 020	960	10 040	»				
Kinzig.	82 260	100 950	1 300	65 000	17 260	1 752 511.45	491 794.40	2 200 000	Le débit est compté sans tenir compte de celui de la Schutter.
Rench	54 900	18 000	290	34 300	20 600	56 1271.25	145 694.65	1 200 000	
Murg.	49 500	48 330	590	49 500	»	1 296 265.10	113 527.17	120 000	
Neckar.	154 000	»	7 000	66 000	1 800	1 355 289.05	438 586.77	900 000	La longueur badoise du Neckar n'est que de 84 000 mètres.
Main	360 000	»	4 650	34 000	3 000	22 7869.90	»	80 000	La longueur badoise n'est que de 37 000 mèt.
Enz avec la Wurm et la Nagold.	18 300	»	1 900	»	18 300	79 088.25	»	280 000	Les travaux exécutés ont eu pour but exclusif de faciliter le flottage.
				357 700	111 400	8 021 041.50	1 888 366.49	5 219 300	

On conclut de ce tableau que les travaux sont aux deux tiers achevés. La plus-value obtenue jusqu'à ce jour sur les terrains assainis et rendus à l'agriculture, représente une valeur de plus de la moitié de la dépense faite. D'un autre côté, l'augmentation des droits de péage, que le flottage acquitte sur toutes ces rivières, représente plus que l'intérêt à 5 p. 100 des sommes dépensées. On a donc obtenu gratuitement la protection des rives.

En Suisse, les travaux sont poussés aujourd'hui avec une égale vigueur : seulement les contributions de l'État ne sont pas si importantes que dans le pays de Bade, où le Gouvernement retrouve son intérêt dans les droits de péage.

Voici par exemple l'état des travaux de rivière dans le canton du Tessin :

DISTRICTS.	DÉPENSES totales à faire.	DÉPENSES A FAIRE PAR		SOMMES dépensées par l'État en 1863.
		les communes intéressées.	l'État.	
	francs.	francs.	francs.	francs.
Leventina	23 483.50	13 540.00	9 943.50	8 403.14
Blenio	37 720.80	26 720.80	11 000.00	10 000.00
Riviera	77 208.00	56 808.00	20 400.00	1 700.00
Bellinzona	141 190.00	125 390.00	15 800.00	5 800.00
Locarno	121 820.14	110 820.14	11 000.00	2 000.00
Val de Maggia	165 072.34	124 654.05	40 418.29	9 162.41
Lugano	»	»	4 282.09	2 000.00
	566 494.78	457 932.99	112 843.88	39 065.55

Sur la plupart de nos rivières on pourrait réaliser des améliorations analogues, sans que le budget fût grevé de charges trop fortes, par suite du concours de l'État. Ailleurs, comme sur la Durance par exemple, nous croyons que la valeur des terrains qu'on soustrairait à l'action du fleuve, représenterait beaucoup plus que la dépense qu'il faudrait faire pour maîtriser définitivement cette rivière.

Il est vrai que souvent on rencontrerait des obstacles dans l'ignorance et dans l'opposition des intérêts privés.

Digitized by Google

Nous nous demandons si la suppression des inondations n'est pas d'intérêt public, et si la loi sur les syndicats, si favorable à l'agriculture, ne devrait pas être imposée partout aux riverains des cours d'eau sujets aux inondations.

X.

De toutes les propositions émises il n'y en a pas qui soit neuve en France, sauf peut-être celle qui est relative à la rectification des embouchures, aux confluents des rivières. Elles se trouvent toutes développées ou indiquées plus ou moins dans les mémoires de MM. Surrell, Scipion Gras, Rozet, Dausse, Vallée, etc., et ont été appliquées tant en France qu'à l'étranger. La lettre impériale du 19 juillet 1856 les renferme implicitement, et cependant, dix ans après, nos plus belles provinces se trouvent de nouveau ravagées à tel point, qu'on est allé jusqu'à douter de la possibilité de conjurer le fléau et de proposer, comme moyen de salut, d'abandonner les travaux, de faire la part des eaux, en un mot de retourner à la barbarie. C'est que ces travaux n'ont d'effet réel que lorsqu'ils constituent un ensemble dont toutes les parties se prêtent un mutuel appui ; c'est que la grandeur même de nos désastres fait craindre des impossibilités financières, qui semblent résulter de l'immense quantité de travaux à faire, pour arriver à une sécurité complète. Ces impossibilités n'existent pas. Que l'État se charge des travaux d'endiguement des grandes artères fluviales, comme il le fait pour le Rhin, où, quoique les travaux ne soient pas achevés, deux grandes crues ont passé depuis six mois sans presque laisser de traces ; que les populations, organisées et dirigées par l'administration, s'occupent elles-mêmes de leur salut, et des syndicats embrassant toutes nos vallées à rivières torrentielles, auront bien vite mis un frein à leurs ravages. Cela se pratique en Suisse ; pourquoi n'en ferait-on pas autant en France ?

Nous avons montré et prouvé par des exemples qu'on peut arriver à éviter les inondations ou à en atténuer de beaucoup les effets, par des dispositions très-simples.

On peut ralentir l'écoulement de l'eau dans les parties supérieures des vallées, de façon à empêcher le transport des matériaux d'érosion, au moyen d'une série de barrages peu coûteux, combinés quelquefois avec des digues parallèles.

On peut éviter le gonflement des eaux des fleuves, dû à la direction normale des affluents, en rectifiant les embouchures de ces derniers. Les travaux de ce genre, outre qu'ils sont peu nombreux, peuvent s'exécuter solidement, à des prix très-modiques.

Enfin on peut emprisonner les fleuves entre des digues suffisamment écartées pour laisser aux eaux des crues un écoulement facile, tout en utilisant les terrains des lits majeurs pour l'agriculture. Les lits mineurs seront fixés par des rives submersibles, défendues soit par des fascinages, soit par des enrochements; des passes de colmatage établies de distance en distance et des levées transversales permettront d'obtenir, au bout d'un certain temps, une pente régulière dans le lit majeur, laquelle maintiendra le thalweg des hautes eaux dans le lit mineur. Ce dernier se creusera et se déblayera peu à peu, et si les eaux d'étiage sont habituellement très-basses, on sera conduit à leur tracer un chenal qui permettra la navigation en tout temps.

Ces derniers travaux seront d'une exécution relativement coûteuse, mais leur prix de revient sera bien minime en comparaison des résultats qu'on en obtiendra. La navigation assurée en tout temps, les marécages assainis, de vastes terrains rendus à la production, enfin la sécurité des populations et la disparition du plus terrible des fléaux, constituent un but assez important pour qu'on n'ait jamais à regretter les dépenses qu'il faudra faire pour l'atteindre.

Décembre 1866.

CHRONIQUE.

Novembre 1868.

SOMMAIRE. — Résultats de l'exploitation des chemins de fer en France pendant l'année 1867. — Assainissement de Paris. — Voie entièrement métallique du système Hartwich. — Percement du mont Cenis. — Bulletin bibliographique.

Résultats de l'exploitation des chemins de fer en France pendant l'année 1867. — Le travail de M. Michel, que l'on va lire, fait suite à celui du même auteur qui a été inséré dans la Chronique des mois de mars et avril 1868, page 205 du tome XV.

Le *tableau n°* 1 (page suivante) est consacré au mouvement des voyageurs et des marchandises. Il donne lieu aux observations suivantes :

La longueur moyenne des lignes de chemins de fer appartenant aux six grandes compagnies, s'est accrue de 719 kilomètres en 1867, soit environ 5 p. 100 du développement total des réseaux.

Le nombre des voyageurs transportés a été de 99 millions, soit 12 millions et demi de plus qu'en 1866. Cette augmentation de 15 p. 100 sur le nombre de voyageurs transportés en 1866 est due au déplacement exceptionnel provoqué par l'exposition universelle. Le tonnage des marchandises n'a augmenté que de 1 800 000 tonnes, c'est-à-dire de moins de 5 p. 100 du mouvement de l'année 1866.

Les voyageurs ont parcouru 4 215 000 000, et les marchandises 5 750 000 000 de kilomètres. Enfin l'unité de trafic, définie ainsi qu'on l'a expliqué dans la Chronique (mars et avril 1868) comme le quotient de la recette totale par la taxe moyenne d'un voyageur ou d'une tonne de marchandises, et par le nombre de kilomètres, a parcouru 11 240 000 000 de kilomètres (*).

Tableau n° 2. — Les recettes en 1867 se sont accrues de 45 millions, mais ici l'influence de l'exposition universelle est manifeste. Les marchandises ont donné 5 millions d'augmentation de recettes,

(*) Tous les chiffres qui sont le résultat d'un groupement des données fournies par les comptes rendus sont inscrits entre parenthèses dans les tableaux suivants.

LIGNES. (1)		LONGUEUR moyenne exploitée en 1867. (2)	NOMBRE PAR AN. Voyageurs. (3)	Tonnes petite vitesse. (4)	PARCOURS KILOMÉTRIQUE. Voyageurs. (5)	Tonnes petite vitesse. (6)	PARCOURS kilométrique de toutes unités de trafic grande et petite vitesse. (7)
		kilom.					
Nord	Ancien réseau.	1 066	13 207 076	7 027 388	532 723 916	767 227 711	»
	Nouveau réseau.	»	»	»	»	»	»
	Ensemble.	1 397	13 748 651	7 107 513	598 523 424	804 858 068	(1 541 228 000)
Orléans.	Ancien réseau.	1 765 (a)	7 201 078	3 393 973	527 609 905	683 285 604	1 430 155 000
	Nouveau réseau.	1 214 (b)	3 575 474	2 171 721	136 358 646	245 457 251	417 790 000
	Ensemble.	2 979	10 776 552	5 565 694	663 968 551	928 742 855	1 847 945 000
Est.	Chemin de Vincennes		5 361 719	54 855	39 635 456	737 684	
	Ancien réseau.	977	10 700 201	5 557 994	394 268 459	652 468 058	(1 209 639 000)
	Nouveau réseau.	(1 624)	7 345 494	4 437 040	267 526 522	411 602 513	(757 007 000)
	Ensemble.	2 601 (c)	20 074 166	6 996 085	(701 430 437)	(1 064 808 255)	(1 965 419 000)
Ouest.	Ancien réseau.	900	»	»	602 991 011	372 930 813	(1 126 205 000)
	Nouveau réseau.	1 156	»	»	»	»	»
	Ensemble.	2 056	28 520 535	3 608 813	794 830 284	517 927 539	(1 514 804 000)
Méditerranée.	Ancien réseau.	2 012	13 743 865	7 612 504 (d)	907 402 204	1 669 780 832	(2 940 113 000)
	Nouveau réseau.	1 588	5 955 338	5 660 169 (d)	260 329 629	375 481 359	(729 838 000)
	Ensemble.	(3 600)	(19 699 203)	(13 272 673)	(1 167 731 833)	(2 045 262 191)	»
Midi.	Ancien réseau.	798	3 365 369	2 097 240	195 875 004	329 813 627	(580 852 000)
	Nouveau réseau.	889	»	»	»	»	»
	Ensemble.	1 687	6 227 222	3 261 073	284 049 576	386 249 489	(702 060 000)
Totaux en nombre ronds en 1867.		14 320	99 000 000	39 800 000	4 215 000 000	5 750 000 000	11 240 000 000
Totaux en 1866.		13 521	86 500 000	38 000 000	3 360 000 000	5 650 000 000	10 100 000 000
Différence.		719	12 500 000	1 800 000	855 000 000	100 000 000	1 140 000 000

OBSERVATIONS.

(a) Non compris les lignes ouvertes postérieurement au 1er janvier 1867. Les résultats de l'exploitation de ces lignes ne figurent dans aucun des chiffres donnés par la compagnie d'Orléans.

(b) Y compris les lignes ouvertes au 1er janvier 1867.

(c) Y compris les 4 kilomètres sur le territoire suisse à Bâle, mais non compris les lignes du Luxembourg.

(d) Non compris les transports faits pour le compte de la compagnie à prix réduits.

Tableau n° 2. — *Détail des recettes et des dépenses.*

LIGNES. (1)		Voyageurs. (8)	Accessoires grande vitesse. (9)	Marchandises petite vitesse. (10)	Accessoires petite vitesse. (11)	Totales (*a*). (12)	DÉPENSES totales ordinaires et extraordinaires. (13)	RAPPORT p. 100 de la dépense à la recette (14)
		RECETTES TOTALES (déduction de l'impôt du 1/10 et des dépenses d'ordre).						
						francs.	francs.	
Nord.	Ancien réseau.	31 891 099	»	46 026 371	»	87 127 386	36 630 667	42.0
	Nouveau réseau.	»	»	»	»	3 867 463	1 868 932	48.8
	Ensemble.	35 717 361	7 089 078	49 098 459	1 165 537	94 677 683	(38 499 599)	»
Orléans.	Ancien réseau.	27 869 018	7 995 458	43 369 976	4 468 545	83 702 998	35 070 003	(41 80)
	Nouveau réseau.	6 643 508	1 115 188	13 691 572	690 539	22 140 807	12 649 198	(57.60)
	Ensemble.	34 512 526	9 110 646	57 061 548	5 159 084	105 843 805	47 724 391	(45.20)
Est.	Ancien réseau.	21 752 857	3 832 397	34 105 468	2 443 197	62 133 920	29 417 365 (*c*)	(47)
	Nouveau réseau.	12 698 419	2 674 777	26 060 355	1 388 021	43 103 136	27 360 166	(63)
	Ensemble	34 451 276	6 507 174	60 165 824	3 831 219	104 955 493	(56 777 531)	(54)
Ouest.	Ancien réseau.	31 419 040	5 007 609	23 392 034	3 617 622	63 436 347	30 494 640	(48.00)
	Nouveau réseau.	»	»	»	»	(21 031 562)	(14 617 559)	(69.60)
	Ensemble.	40 637 230	»	32 389 528	»	(84 467 909)	(45 122 199)	(53.40)
Méditerranée.	Ancien réseau.	49 159 627	14 074 446	98 417 317 (*d*)	1 437 226	166 027 441	61 027 573	(37.70)
	Nouveau réseau.	13 562 006	2 457 135	24 676 232 (*d*)	721 447	43 102 093	22 677 355	52 60
	Ensemble.	»	»	»	»	»	»	»
Midi.	Ancien réseau.	(10 142 000)	(2 035 000)	22 220 895	1 049 593	(35 216 225)	12 273 312	34 85
	Nouveau réseau.	(4 520 000)	475 000	3 451 947	183 826	8 567 432	6 883 162	80.00
	Ensemble.	(14 662 656)	»	(25 672 842)	»	(43 783 657)	(19 156 474)	43.70
Totaux en nombre ronds en 1867.		222 600 000	»	347 500 000	»	643 000 000	291 000 000	45.20
Totaux en 1866.		182 400 000	»	342 400 000	»	598 000 000	274 300 000	48.50
Différence.		40 200 000	»	5 100 000	»	45 000 000	16 700 000	»

OBSERVATIONS.

(*a*) Y compris recettes diverses.

(*b*) Y compris les lignes ouvertes au 1er janvier 1867.

(*c*) Non compris les dépenses pour les 4 kilomètres suisses et pour les chemins du Luxembourg. Pour la ligne de Vincennes le rapport des dépenses ordinaires aux recettes est de 46f.79.

(*d*) Non compris les transports faits pour le compte de la compagnie au prix de 0f.025 la tonne.

soit 1 1/2 p. 100 du chiffre atteint en 1866. Cette augmentation n'est pas en rapport avec le développement du réseau, tandis que les voyageurs, dont le nombre a augmenté, ainsi que le parcours moyen, ont donné une augmentation de 40 millions, plus de 20 p. 100 de la recette constatée en 1866.

Le rapport moyen de la dépense à la recette paraît avoir un peu diminué en 1867; ce rapport est de 45.20 p. 100 au lieu de 48.50.

Les dépenses de renouvellement de voie et du matériel roulant s'élèvent, comme l'année précédente, à 10 p. 100 environ du montant des dépenses ordinaires d'exploitation.

L'ensemble des recettes s'élève à 643 millions de francs. Les dépenses à 291 millions. Le produit net de l'industrie des chemins de fer a été en 1867 (pour les grandes compagnies seules) de 352 millions. C'est une augmentation de 29 millions par rapport à l'année 1866. Mais en même temps, comme on l'a vu par le tableau n° 1, le capital de construction s'est augmenté par suite de la mise en exploitation de 719 kilomètres.

Les observations faites à propos des comptes rendus de 1866 sur le coût d'exploitation du nouveau réseau s'appliquent également en 1867. Le rapport de la dépense à la recette s'élève (renouvellement des voies et du matériel compris) jusqu'à près de 70 p. 100, sur le chemin de fer de l'Ouest et 80 p. 100 sur le chemin de fer du Midi.

Tableau n° 3.— La moyenne du produit kilométrique pour l'ancien et le nouveau réseau ressort à 44 800 francs, et les dépenses ordinaires à 18400 francs par kilomètre. Il faut augmenter ce dernier chiffre de 10 p. 100 environ pour tenir compte des dépenses extraordinaires, car cette année, comme en 1866, les compagnies du Nord et du Midi seules ont fait figurer le renouvellement de la voie et du matériel roulant dans le compte des dépenses ordinaires.

Le produit kilométrique des grandes lignes a atteint cette année le plus haut chiffre qu'on ait vu : 81 000 francs sur le chemin du Nord, 82 000 francs sur l'ancien réseau de Paris à Lyon. La ligne de Paris à Strasbourg a donné également 81 000 francs.

Parmi les lignes de banlieue, la ligne de Vincennes a donné une recette de 120 000 francs par kilomètre, mais les embranchements du chemin de l'Est, entre autres les chemins d'intérêt local, sont restés stationnaires. On attribue ce résultat au malaise industriel que l'on a signalé partout en France, surtout pendant la seconde moitié de l'année 1867.

Tableau n° 3. — *Détail des recettes et des dépenses par kilomètre et par an.*

LIGNES. (1)		RECETTES par kilomètre et par an, déduction faite de l'impôt du 1/10. (15)	DÉPENSES ordinaires par kilomètre et par an. (16)	DÉTAIL DES DÉPENSES ordinaires par kilomètre et par an. Administration. (17)	Exploitation. (18)	Traction. (19)	Voie. (20)	PRODUIT net par kilomètre et par an. (21)	DÉPENSES extraordinaires. Renouvellement des voies et du matériel roulant. (22)	AUGMENTATION des recettes p. 100 par rapport à l'année 1866. (23)
		francs.	francs.	francs.	francs	francs.	francs.	francs.	francs.	
Nord	Ancien réseau	81 733	34 363	1 159	11 591	13 936	7 677	47 370	»	7.40
	Nouveau réseau	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	Ensemble	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Orléans	Ancien réseau	47 316	15 109	1 525	5 040	5 148	3 395	32 206	6 858 587	(4.55)
	Nouveau réseau	18 237	9 233	933	2 547	3 127	2 624	9 004	891 679	(3.10)
	Ensemble	(35 518)	»	»	»	»	»	»	»	»
Est	Ancien réseau	55 848 (a)	22 915	1 607	8 011	9 657	3 638	»	5 191 897	»
	Nouveau réseau	26 541	15 230	1 683	5 591	5 596	2 358	»	3 622 710	»
	Ensemble	38 715	18 422	1 652	6 596	7 283	2 890	(20 293)	»	3.94
Ouest	Ancien réseau	70 484	28 961	1 849	11 516	10 625	4 970	41 523	4 429 104	(9.00)
	Nouveau réseau	(19 932) (b)	»	»	»	»	»	»	»	(5.60) (a)
	Ensemble	41 083 (c)	»	»	»	»	»	»	»	»
Méditerranée	Ancien réseau	82 513	27 802	2 010	11 677	10 987	3 127	54 716	5 089 007	»
	Nouveau réseau	27 125	13 289	885	5 194	4 805	2 404	13 835	1 560 078	»
	Ensemble	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Midi	Ancien réseau	44 130	15 380	1 452	6 570	5 499	2 857	28 750	»	1.44
	Nouveau réseau	9 637	7 743	»	»	»	»	»	»	»
	Ensemble	(26 516)	(12 000)	»	»	»	»	»	»	»
Moyennes et totaux en 1867		44 800	18 400	»	»	»	»	26 400	27 673 062	»
Total en 1866		»	»	»	»	»	»	»	22 332 832	»
Différence		»	»	»	»	»	»	»	5 340 230	»

OBSERVATIONS.

(a) Y compris 177 kilomètres du réseau de Luxembourg dont les recettes par kilomètre évaluées séparément sont de 19 000 francs.

(b) Non compris les lignes ouvertes après le 1er janvier 1867.
(c) Non compris les lignes de banlieue.

Tableau n° 4.— Si l'on compare les moyennes données par ce tableau avec celles de l'année 1866, on voit que le produit et la dépense d'un train par kilomètre ont peu varié. C'est un élément presque constant à faire entrer dans les appréciations statistiques.

Les transports à prix réduits par trains spéciaux à grande distance, l'affluence des étrangers venant des frontières à Paris, a fait augmenter notablement le produit du transport d'un voyageur: 3f.30 au lieu de 2f.50. Celui d'une tonne de marchandises n'a pas beaucoup varié; il a cependant baissé de 0f.40.

La dépense de traction est une des mieux détaillées dans les comptes rendus des compagnies. Elle ressort comme l'année précédente aux deux cinquièmes en moyenne de la dépense totale de l'exploitation par train et par kilomètre. Les autres dépenses sont beaucoup plus variables.

Tableau n° 5.— Le tarif moyen perçu par kilomètre et par voyageur ou par tonne de marchandises est plus bas en 1867 qu'en 1866. La différence est peu considérable. Pour les voyageurs, la différence est plus sensible que pour les marchandises; cela s'explique par les trains spéciaux qu'ont organisés les différentes compagnies à l'occasion de l'exposition.

Comme pour l'année 1866, on peut remarquer l'équivalence presque complète entre la taxe perçue par voyageur et celle qui est perçue par tonne de marchandises.

L'assimilation des unités de trafic à grande ou à petite vitesse, complète au point de vue des recettes, ne peut être faite au point de vue de la dépense, faute de documents suffisants.

Le prix de revient du transport, évalué en moyenne par unité de trafic, ressort à 0f.026, laissant un bénéfice de 0f.033 pour couvrir les intérêts des capitaux engagés. Mais sur le nouveau réseau, le prix de revient s'élève de 0f.030 à 0f.035.

La dépense de traction, qui est environ les deux cinquièmes de la dépense totale, est de 0f.01 par unité de trafic.

Les insuffisances des produits du nouveau réseau sont de 66 millions, tandis qu'en 1866 elles étaient de 57 millions. La situation s'est améliorée cependant sous ce rapport. La garantie de l'État n'a été réclamée ni par le Nord ni par la Méditerranée. Le Midi a eu à demander une somme de 17 000 francs seulement. Le montant des insuffisances à rembourser par l'État s'est élevé seulement à 26 millions au lieu de 31 millions en 1866.

Tableau n° 4. — *Détails des recettes et des dépenses d'un train parcourant un kilomètre.*

LIGNES. (1)		RECETTES par kilomètre et par train déduction faite de l'impôt du 1/10. (24)	DÉPENSES par kilomètre et par train. (25)	DÉTAIL DES DÉPENSES ORDINAIRES par train kilométrique. Administration. (26)	Exploitation. (27)	Traction. (28)	Voie. (29)	PRODUIT net par kilomètre et par train. (30)	PRODUIT MOYEN d'un voyageur y compris l'impôt du 1/10. (31)	d'une tonne. (32)
		francs.	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.	francs.
Nord	Ancien réseau	5.75	2.42	0.082	0.815	0.980	0.540	3.33	2.70	6.54
	Nouveau réseau	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	Ensemble	»	»	»	»	»	»	»	2.90	6.90
Orléans	Ancien réseau	6.68	2.13 (a)	0.21	0.71	0.73	0.48	4.55	4.257	(12.78)
	Nouveau réseau	4.29	2.17 (a)	0.22	0.60	0.73	0.62	2.12	2.046	(6.30)
	Ensemble	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Est	Ancien réseau	5.23 (b)	2.119	0.149	0.741	0.892	0.337	(3.11)	2.07 (c)	6.12 (c)
	Nouveau réseau	4.33	2.546	0.281	0.935	0.936	0.394	(1.78)	1.94	5.87
	Ensemble	4.82	2.306	0.206	0.826	0.912	0.362	(2.51)	2.48	8.65
Ouest	Ancien réseau	6.101	2.507 (a)	0.160	0.997	0.920	0.430	3.59	»	»
	Nouveau réseau	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	Ensemble	»	»	»	»	»	»	»	3.83 (d)	8.975 (d)
Méditerranée	Ancien réseau	7.93	2.68	0.194	1.129	1.062	0.302	5.25	4.01	12.07
	Nouveau réseau	5.89	2.94	0.196	1.149	1.063	0.532	3.95	2.58	4.10
	Ensemble	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Midi	Ancien réseau	7.415	2.627	0.248	0.951	0.939	0.488	4.78	3.35	10.59
	Nouveau réseau	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	Ensemble	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Moyennes en 1867		5.90	2.45	»	»	»	»	3.46	3.30	8.80
Moyennes en 1866		6.00	2.50	»	»	»	»	3.50	2.50	9.20

(a) Pour comparer ces chiffres à ceux des autres compagnies, il faut introduire les dépenses extraordinaires.
(b) Non compris les chemins de Luxembourg.
(c) Non compris la ligne de Vincennes.
(d) Non compris les lignes de banlieue.

Tableau n° 5.— *Tarif moyen et prix de revient du transport par kilomètre, pour un voyageur ou pour une tonne de marchandises. Insuffisances du nouveau réseau.*

LIGNES. (1)		TAXE par kilomètre. d'un voyageur y compris l'impôt du 1/10. (33)	TAXE par kilomètre. d'une tonne. (34)	PRIX DE REVIENT du transport par unité de trafic. Total. (35)	PRIX DE REVIENT du transport par unité de trafic. Traction seule. (36)	INSUFFISANCE des produits du nouveau réseau. (37)	SOMME déversée par l'ancien réseau. (38)
Nord	Ancien réseau	0.067	0.0599	»	»	»	»
	Nouveau réseau	»	»	»	»	»	»
	Ensemble	0.067	0.0610	(0.250)	»	»	»
Orleans	Ancien reseau	(0.0591)	(0.0635)	(0.0244)	»	»	5 063 603
	Nouveau reseau	(0.0537)	(0.0558)	(0.0303)	»	14 586 345	»
	Ensemble	(0.0571)	(0.0614)	(0.0258)	(0.00675)	»	»
Est	Ancien reseau	0.0563	0.0521	0.0243	»	»	4 994 897
	Nouveau reseau	0.0531	0.0633	0.0361	»	16 729 182	»
	Ensemble	0.0550	0.0565	0.0288	(0.0114)	»	»
Ouest	Ancien réseau	»	»	(0.0270)	(0.0099)	»	2 377 618
	Nouveau reseau	»	»	»	»	7 421 544	»
	Ensemble	0.0590 (a)	0.0625 (a)	(0.0298)	»	»	»
Mediterranée	Ancien reseau	0.0605	0.059	(0.210)	(0.0083)	»	21 153 597
	Nouveau reseau	0.058	0.065	(0.310)	(0.0112)	24 153 597	»
	Ensemble	»	»	»	»	»	»
Midi	Ancien reseau	0.0575	0.0674	(0.0211)	(0.00755)	»	3 216 681
	Nouveau reseau	»	»	»	»	3 234 540	»
	Ensemble	»	»	»	»	»	»
Totaux		»	»	»	»	66 125 298	39 806 396
Moyennes		0.058	0.060	0.026	»	»	»

OBSERVATIONS.

La compagnie du Nord n'a pas à établir de comptes distincts pour le nouveau réseau dont elle couvre à elle seule les insuffisances sans recourir à la garantie de l'État.

(a) Non compris les lignes de banlieue.

Assainissement de Paris. — La note suivante nous est communiquée par M. Alfred Durand-Claye.

L'administration municipale de la ville de Paris fait actuellement étudier à Clichy l'épuration et l'utilisation des eaux amenées à la Seine par le grand égout collecteur (*).

Chargées des détritus enlevés aux chaussées et aux maisons de la ville, ces eaux forment une rivière de boue qui se déverse sur la rive droite de la Seine, à Clichy, près le pont d'Asnières. Cette rivière coule dans le lit du fleuve, mais latéralement et sans s'y mêler; comme la vitesse du fleuve est bien moindre que celle de l'égout, les parties les plus lourdes de la boue se déposent immédiatement et forment un attérissement qui découvre pendant les basses eaux, c'est-à-dire pendant les chaleurs de l'été. De là le dégagement de gaz dus à la décomposition des matières déposées, et la perte absolue d'éléments utilisables en agriculture.

Les études entreprises ont pour but de trouver les moyens de remédier à cet état de choses, qui s'aggrave chaque jour, par suite tant de l'augmentation du débit des égouts que de la diminution de vitesse du fleuve, retenu par des barrages.

Avant de chercher le remède, il a fallu d'abord reconnaître le mal que l'on avait à attaquer. Des observations suivies sur le régime et la constitution des eaux de l'égout étaient la base de tout le travail. Des renseignements détaillés manquaient à cet égard.

Un premier point capital était de savoir le débit de l'égout collecteur. Des jaugeages se font régulièrement depuis le mois de novembre dernier. Sans entrer dans le détail des opérations, on peut dire seulement que le minimum du débit journalier a lieu le matin et le maximum dans l'après-midi, et que le débit moyen a été en croissant depuis le mois de janvier jusqu'au mois de juillet, partant de $1^{m3}.50$ à la seconde ou 130,000 mètres cubes en 24 heures, pour atteindre 3 mètres cubes et 250,000 mètres cubes.

Des observations thermométriques quotidiennes ont fait reconnaître que la température de l'égout varie beaucoup moins que celle de l'atmosphère et même que celle de la Seine.

Tous ces résultats sont consignés sur des courbes toujours tenues à jour.

Enfin des analyses chimiques, comprenant un échantillon d'eau pour chaque jour de l'année, s'exécutent au laboratoire de l'École

(*) Ces études se poursuivent sous la direction de MM. Mille, ingénieur en chef, et Alfred Durand-Claye, ingénieur ordinaire des ponts et chaussées.

des ponts et chaussées, et fournissent les résultats les plus précieux pour les études (*).

Une série comprenant l'année 1867 tout entière a appris que chaque mètre cube d'eau d'égout renferme en moyenne les poids suivants des éléments ci-dessous, dont on comprendra toute l'importance si l'on se place au point de vue agricole :

Azote.	32 grammes.
Acide phosphorique.	14 grammes.
Potasse.	29 grammes.
Autres matières minérales. . . .	2k.068.

Il y a en outre une assez forte dose de soude (2 à 3 fois autant que de potasse) et environ 700 grammes de matières organiques autres que l'azote.

Les eaux d'égout renferment donc, en moyenne, environ 3 kilogrammes de matières étrangères. Les $^2/_3$ de cette quantité sont, à l'état de dépôt, entraînés par le courant, et l'autre tiers est en dissolution dans l'eau. L'azote se partage par quantités égales entre le dépôt et l'eau. Celle-ci renferme les alcalis, et le dépôt l'acide phosphorique.

Deux systèmes ont été mis en avant contre l'infection de la Seine. L'un d'eux se propose de séparer la boue de l'eau claire, après les avoir rendues l'une et l'autre inoffensives, et de jeter l'eau dans le fleuve, en utilisant la boue, s'il est possible, ou la portant aux décharges. L'autre système consisterait à appliquer les eaux d'égout à la culture. Sans rien préjuger sur le résultat des études, il est permis d'admettre que la solution définitive combinera les deux idées et les complétera l'une par l'autre.

Les essais de Clichy ne laissent aucun doute sur la réussite des deux procédés. Grâce à une locomobile, qui permet de puiser 600 mètres cubes par jour environ dans l'égout, et qui envoie ce volume vers un champ d'essai de 1 hectare $^1/_2$ de superficie, on a pu à la fois opérer la défécation sur une assez grande échelle et procéder à des cultures d'une certaine importance.

L'agent de l'épuration est celui qu'a proposé M. l'ingénieur en chef des mines Lechâtelier. C'est du sulfate d'alumine et de fer, provenant des fabriques d'alun de la Picardie. Les eaux d'égout, après avoir reçu un filet d'une dissolution de ce réactif, sont dirigées vers des bassins, creusés dans le champ d'essai, qu'elles tra-

(*) Ces analyses sont dirigées par M. l'ingénieur Léon Durand-Claye, directeur adjoint du laboratoire de l'École.

versent lentement, et où elles séjournent quelques heures; grâce à l'introduction du sulfate d'alumine, les particules en suspension sont entraînées par une espèce de collage. Les bassins laissent évacuer la liqueur surnageante dont la limpidité est satisfaisante.

L'installation de cette opération est simple et pratique; elle donne lieu à des dépenses modérées.

La richesse moyenne du dépôt, après dessiccation, est de 8 kilogrammes d'azote et de 7 kilogrammes d'acide phosphorique par tonne de 1,000 kilogrammes.

L'eau claire évacuée par les bassins peut d'ailleurs retourner sans inconvénient en Seine ou même être utilisée en arrosages.

L'efficacité de l'emploi direct des eaux d'égout pour la culture, appliquée déjà dans d'autres pays, notamment aux prairies d'Édimbourg et du Milanais, reçoit à Clichy sa confirmation. Ici seulement, comme il s'agit des environs de Paris, où les prairies sont rares et les jardins abondants, on s'est appliqué à faire ressortir le mérite de l'arrosage à l'eau d'égout pour les cultures parisiennes, c'est-à-dire pour le maraîchage.

Les cultures se font en lignes, entre lesquelles sont creusées des rigoles, où l'on amène et on laisse séjourner l'eau d'égout. Cette eau filtre à travers le terrain et va offrir la fraîcheur et la nourriture aux racines des plantes, après avoir laissé dans les rigoles un dépôt fécond, qui est incorporé au sol lors des façons.

Il est bien entendu qu'on ne se sert pas d'arrosoirs, qui laisseraient des impuretés à la surface des feuilles et qui coûteraient de la main-d'œuvre.

Les produits obtenus, sans emploi d'aucune autre espèce d'engrais, sont de très-belle et de très-bonne qualité. On en a présenté sur les marchés de Paris quelques échantillons, qui ont soutenu le parallèle avec les produits les plus appréciés de l'industrie maraîchère.

En résumé, le service des essais d'eaux d'égout à Paris pose les bases de la solution du problème.

Il étudie le régime et la nature du flot boueux que déverse le collecteur. Il démontre comment ce flot peut devenir inoffensif par une épuration simple et économique, et comment il serait même la source d'une grande richesse, s'il était appliqué aux cultures des environs de Paris.

Voie entièrement métallique du système Hartwich. — La note suivante, de M. Michel, complète les renseignements donnés dans la Chronique de septembre 1868, page 334.

On connaît les résultats favorables donnés par les rails du sys-

tème Hartwich, de 9 pouces de hauteur, sur les chemins Rhénans entre Kempen et Kalten Kirchen, sur une longueur de 2 1/2 milles (18k.500).

Les figures suivantes, extraites du *Traité des chemins de fer* de M. Couche, donnent les dispositions de ce système avec ses dimensions principales.

Fig. 1. Épure du rail à l'échelle de 1/4;
Fig. 2. Élévation latérale de la moitié d'un rail au 1/40;
Fig. 3. Coupe suivant CD au 1/10;
Fig. 4. Coupe suivant AB au 1/10.
Longueur du rail, 5m.608. Distance d'axe en axe des rails, 1m.486.

fig 1

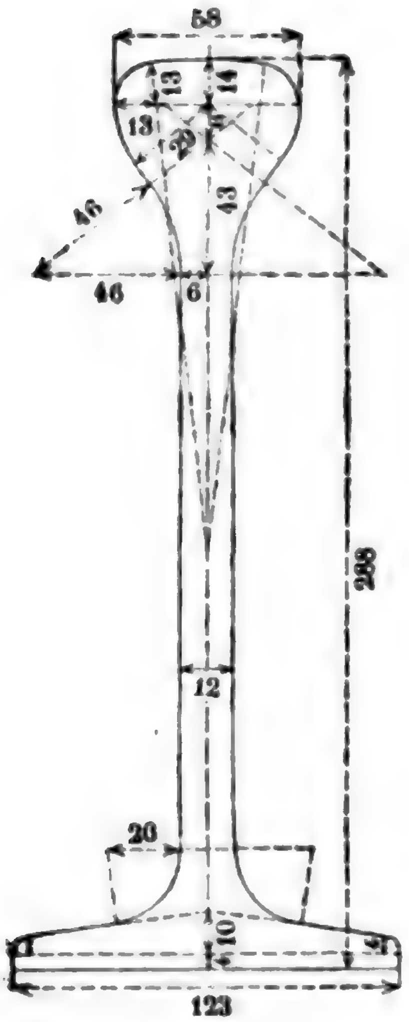


fig 3

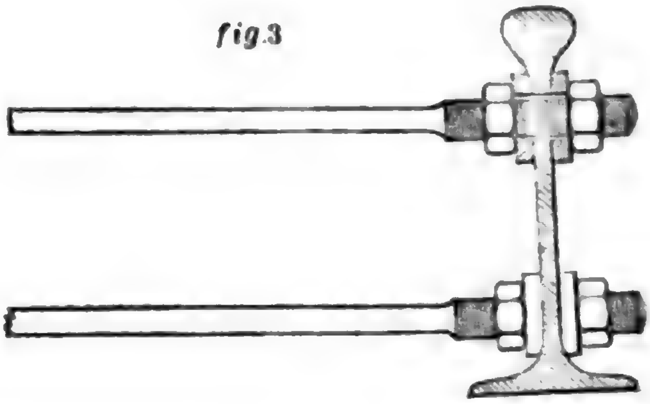


fig 4

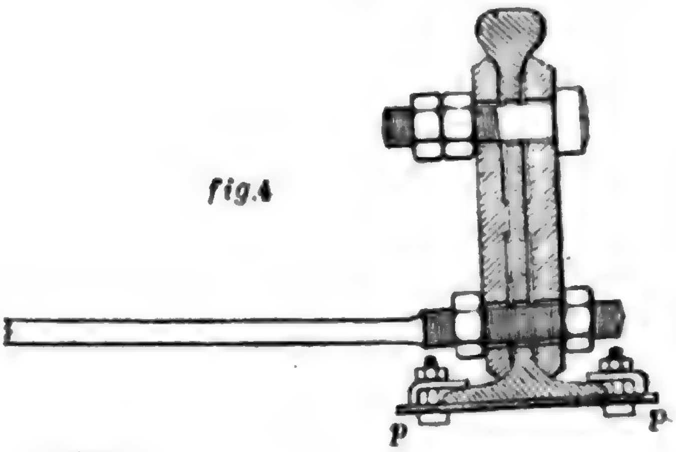
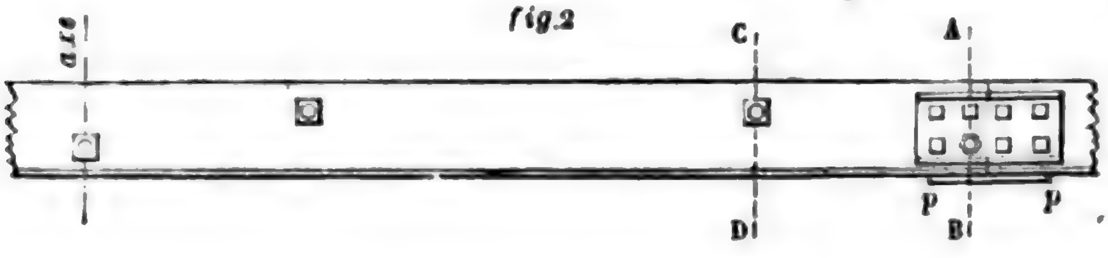


fig 2



Dernièrement l'administration du chemin de fer de Cologne à Minden a fait faire à son tour un essai du même système, sur 800 mètres de longueur, entre Deutz et Mulheim. Mais la hauteur du rail a été réduite à 8 pouces ($0^m.2095$) et les éclisses ont été renforcées, de manière à offrir ensemble au joint, à peu près la même résistance que le rail lui-même, et à permettre de supprimer les plaques de joint *pp*.

Si ce mode de construction se comporte bien, comme les expériences faites jusqu'à présent le font espérer, le problème de l'établissement d'une voie entièrement métallique, sans traverses et de la plus grande simplicité, est résolu. Car même le prix de premier établissement est notablement moins élevé, que celui des voies posées sur traverses, ou sur dés en pierre. Le mètre courant de voie complète, y compris le ballast et la pose, revient seulement à $27^f.20$ tandis que la voie ordinaire avec rails de 5 pouces de hauteur, pesant 72 livres par mètre courant et traverses en chêne, revient à plus de 37 francs.

Ce résultat avantageux est dû surtout à la liaison très-simple et très-solide des joints des rails, en même temps qu'à la diminution de hauteur du rail employé sur les chemins Rhénans (*).

Les rails de 8 pouces ont été fournis par l'usine Jacobi et compagnie d'Oberheusen à 31 thalers 1/2 les 1000 livres (250 francs la tonne); c'est-à-dire, au prix des rails ordinaires de 5 pouces de hauteur, tandis que les rails de 9 pouces coûtent 37 thalers (294 francs la tonne).

Les rails ont une longueur de 21 pieds. Le moment de résistance est 17,021. Le centre de gravité du rail est un peu au-dessus du milieu de la hauteur.

Les éclisses ont 2 pieds de longueur et sont fixées par huit boulons de 1 pouce de diamètre.

Ils ont par pouce anglais huit pas de vis. Les écrous ont 1 pouce 1/2 de hauteur. Les têtes des boulons sont quadrangulaires et sont maintenues par un filet saillant sur l'éclisse extérieure.

La liaison des deux rails se fait au moyen de tringles d'écartement de 1 pouce de diamètre, avec écrous tout semblables à ceux des boulons d'éclisses.

Sur la longueur de 21 pieds il y a 6 tringles d'écartement,

(*) Les résultats obtenus sur le chemin Rhénan sont si favorables qu'on vient de décider la construction, suivant le même système, de la ligne de Neuss-Duren de 44 kilomètres de longueur.

dont 4 dans la partie supérieure du rail; 1 au milieu de la longueur du rail et près du patin. La sixième enfin remplace un des boulons d'éclisse et relie les joints. Les trous percés dans les rails pour les tringles sont circulaires et ont 15 lignes de diamètre. Ceux qui sont destinés au passage des boulons d'éclisses sont ovales et ont 15 lignes sur 13.

Les poids des diverses pièces de cette voie métallique, sont d'après l'exécution.

	livres.
Rails de 8 pouces de haut, par pied.	24.865
Éclisses extérieures, la pièce.	47.635
Éclisses intérieures, la pièce.	31.891
Boulons d'éclisses, la pièce.	1.906
Tringles d'écartement, la pièce..	15.173

Pour bien asseoir la voie on a creusé deux rigoles longitudinales dans la plate-forme des terrassements; on les a remplies de bon ballast que l'on a ensuite mouillé et pilonné.

Nous terminerons en donnant la dépense exacte de l'établissement de cette voie par longueur de rail de 21 pieds.

	thalers.	gros.	pfennig.
1° 2 rails de 21 pieds pesant 24livres.865 par pied, soit 1 044 livres à 31 thalers 1/2 les 1 000 livres. . .	32	26	7
2° 2 paires d'éclisses pesant 79.53 la paire à 36 thalers les 1 000 livres.	5	21	9
3° 14 boulons d'éclisses pesant 1livre.906 la pièce, à 53 thalers 1/2 les 1 000 livres.	1	12	11
4° 6 tringles d'écartement : 91livres.02, à 42 thalers 5/6 les 1 000 livres.	3	27	»
5° Salaire des ouvriers pour pose, dressement, bourrage de la voie, arrosage et pilonnage du ballast, non compris l'ouverture des rigoles.	2	1	3
6° Ouverture des rigoles et enlèvement des déblais. .	»	13	1
7° Transport de l'eau (on l'a apportée avec des locomotives)	»	4	4
8° Fourniture de bon ballast	»	2	1
Ce compte ressort par mètre courant à.	7	11	3
Soit (*).		27f.20	

(*) Le pied prussien vaut 0m.314. Le mille vaut 7 408 mètres.

Le thaler de 30 silbergros vaut 3f.75. Le silbergros se divise en 12 pfennige ou deniers, valant à peu près 1 centime. La livre vaut 0k.467.

Percement du mont Cenis. — Voici l'état des travaux de percement du mont Cenis au 16 octobre dernier :

Avancement en petite section :

Ouverture sud.	23^{m}.90
Ouverture nord.	29^{m}.15
Total des deux ouvertures.	53^{m}.05

Avancement total aux deux ouvertures :

Ouverture sud.	5 235^{m}.00
Ouverture nord.	3 660^{m}.65
Total général des deux ouvertures.	8 895^{m}.65
Longueur entière du tunnel.	12 220^{m}.00
Restent à percer.	3 324^{m}.35

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

1° France. — Septembre et octobre 1868.

Armengaud. Traité théorique et pratique des moteurs hydrauliques, comprenant les notions préliminaires sur l'hydraulique, les calculs et tables sur les dépenses d'eau, les applications aux roues à aubes planes et à aubes courbes, aux roues à augets recevant l'eau sur le sommet et sur le côté et aux turbines ou roues horizontales, de divers systèmes ; par Armengaud aîné, ingénieur. 2e édition, entièrement refondue et augmentée, accompagnée d'un atlas de 34 pl. in-folio. In-4°, viii-532 p. Paris, lib. Morel.

Goschler. Traité pratique de l'entretien et de l'exploitation des chemins de fer ; par Ch. Goschler, ingénieur au chemin de fer d'Alsace. T. IV. Servic de l'exploitation. Administration. In-8°, xx-688 p. Paris, lib. J. Baudry.

Ruelle. Note relative aux chemins de fer à bon marché et d'intérêt local ; par M. Ruelle, ingénieur en chef des ponts et chaussées. In-8°, 59 p. Paris, lib. Dunod.

Bresse. Cours de mécanique appliquée professé à l'école impériale des ponts et chaussées ; par M. Bresse ingénieur des ponts et chaussées. 2e édition. 2e partie. Hydraulique. In-8°, xxii-568 p. et pl. Paris, imp. et lib. Gauthier-Villars.

Digitized by Google

Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844, publiée par les ordres de M. le ministre de l'agricultere, du commerce et des travaux publics. T. LXIII. In-4° à 2 col., 424 p. et 60 pl. Paris, imp. impériale.

Bonnefoy, Hubac, Joublin, Morel, Mouche et Postec. Les machines à vapeur marines et les propulseurs à l'Exposition universelle de 1867. Rapport adressé à S. E. M. le ministre de la marine; par MM. Bonnefoy, Hubac, Joublin, Morel, Mouche et Postec, mécaniciens principaux de la marine. Accompagné de 36 grandes pl. gravées. In-8°, IV-178 p. Paris, lib. A. Bertrand.

Eck. Traité complet de construction en poteries, fer, tôle et briques perforées à l'usage des bâtiments civils, industriels et militaires; suivi d'un Recueil de machines anciennes et modernes appropriées à l'art de bâtir; dédié à tous les constructeurs; par Ch. L. G. Eck père, architecte, ingénieur civil. Avec 84 pl. gravées par Hibon et Lemaire. 1er volume. 2e édition. 1re et 2e partie. In-4°, 281 p. Paris, lib. Dunod.

Forquenot. Notes sur les expériences de traction de la compagnie d'Orléans (1857 à 1866); par M. V. Forquenot. In-8°, 37 p. et pl. Paris, Capiomont fils et Ce.

Extrait des Mémoires de la Société des ingénieurs civils.

Vigreux et Raux. Théorie pratique de l'art de l'ingénieur, du constructeur de machines et de l'entrepreneur de travaux publics. Ouvrage comprenant, sous le titre d'Introductions, les connaissances théoriques qui constituent la science de l'ingénieur, et sous le titre de Projets, dépendant de ces Introductions, leurs applications directes à toutes les branches de l'industrie et des travaux publics; par L. Vigreux, ingénieur civil, répétiteur du cours de construction des machines à l'École impériale et centrale des arts et manufactures, ancien élève de cette école et de l'École impériale des arts et métiers de Châlons-sur-Marne, et A. Raux, ingénieur civil. Précédé d'une lettre aux auteurs, par M. Ch. Callon, ingénieur civil, professeur à l'École impériale et centrale des arts et manufactures. Partie didactique. Série A. Résistance des matériaux. Mémoire du projet n° 5. Calcul des dimensions des murs de soutenement. 8e livraison. Murs de soutenement. In-8°, 103-162 p. et pl. 10 et 11. Paris, lib. E. Lacroix.

2e Allemagne. — 1er semestre de 1868.

Hoffmann-Merian, Thdr., die Eisenbahnen zum Truppen-Transport.

— Les chemins de fer pour les transports des troupes.

Kriegfuhrung, Die, unter Benutzung der Eisenbahnen u. der Kampf um Eisenbahnen. Nach den Erfahrgn. d. letzten Jahrzehnts zusammengestellt.

— La guerre avec l'emploi des chemins de fer, et la lutte autour des chemins de fer, d'après l'expérience des dix dernières années.

Gerstenbergk, Heinr. v., Schutz gegen die sogenannte Kesselsteinbildung od. Nachweis der bewährteren, gegen genanntes Uebel bisher in Vorschlag gebrachten, resp, augewandten. Apparate u. Mittel. Zum prakt. Gebrauch f. Eisenbahn. u. Bergbau-Verwaltung.

Gerstenbergk. Moyens de préserver les chaudières à vapeur contre les incrustations.

Dengler, Lehr. Leop, Weg-Brücken u. Wasserbaukunde f. Land u. Forstwirthe, Guts od. Gewerkebesitzer, Gemeindebeamte u. s. w. Stuttgard, 1863. Schwritzbart's Verl.

Dengler. L'art de construire les ponts, les chaussées et de faire les travaux hydrauliques, à l'usage des agriculteurs, des propriétaires et des fonctionnaires municipaux.

— Ueber den Bau u. Betrieb der bayerischen Staatsbahnen u. der bayerischen Ostbahnen. Gr. 8 (27 s.). München, Franz.

— La construction et l'exploitation des chemins de fer d'État Bavarois et des chemins de l'Est en Bavière.

Becker. Landbaumstr. W. A., practische Anleitung zur Anwendung der Cemente zu baulichen, gewerblichen, landwirthschaftlichen u. Kunst-Gegenständen. Berlin, Nicolaï's Verl.

— Uber die Ursachen u. die Nachtheile der Feuchtigkeit in den Gebäuden u. ub. Cement. als Mittel gegen dieselben sowie üb. die Herstellung wasserdichter Keller. Nebst e pract. Erlauterg. d. techn. Werthes der natürl. u. künstl. Steine.

Becker. Instruction pratique pour l'emploi des ciments dans les constructions industrielles et agricoles ou dans les objets d'art.

— Des causes et des inconvénients de l'humidité dans les constructions et du ciment comme remède à employer dans ce cas, ainsi que de la construction de caves étanches. Suivi d'une exposition pratique sur la valeur technique des pierres naturelles et artificielles.

Pour la chronique :
Hervé Mangon.

Digitized by Google

N° 205

NOTICE

Sur l'entretien des chaussées pavées.

Par M. RADOULT DE LA FOSSE, ingénieur des ponts et chaussées.

INTRODUCTION.

Depuis quelques années un assez grand nombre d'ingénieurs ont essayé d'appliquer à l'entretien des chaussées pavées un système analogue à celui qui est adopté pour l'entretien des chaussées en empierrement, et d'organiser dans ce but des ateliers permanents de cantonniers spéciaux. Nous venons apporter à l'appui de ce système les résultats d'une assez longue expérience qu'il nous paraît intéressant de faire connaître.

A priori, il semble bien évident que le mode d'entretien des chaussées pavées par voie de régie est celui qui permet d'obtenir la surveillance la plus exacte et le travail le plus parfait ; mais ce mode d'entretien n'est-il pas plus dispendieux que l'ancien système des baux à forfait encore aujourd'hui en usage dans un très-grand nombre de départements? Telle est, à notre avis, la seule objection sérieuse à laquelle il soit essentiel de répondre. Les faits que nous nous proposons de faire connaître permettront de réduire cette objection à sa juste valeur.

Nous diviserons cette note en trois parties :

Dans la première, nous indiquerons très-succinctement la situation actuelle des chaussées pavées dans le département de l'Allier.

Dans la deuxième, nous décrirons le système adopté pour leur entretien.

Dans la troisième, nous ferons connaître les résultats économiques obtenus jusqu'à ce jour.

SITUATION DES CHAUSSÉES PAVÉES.

Longueurs et superficies. — Le tableau suivant indique l'étendue et la distribution des pavages dans le département de l'Allier.

DÉSIGNATION DES LOCALITÉS.	DISTANCES.	LONGUEURS.	SUPERFICIES.
1° *Chaussées.*	kilomètres.	mètres.	mètr. quarrés.
Ville de Moulins	»	3 606	21 500
Bourg de Varennes	30	536	3 210
Bourg de Saint-Gerand	40	195	1 170
Ville de Lapalisse	50	595	3 500
Ville de Gannat	55	900	5 300
		5 832	34 680
2° *Caniveaux.*			
Ville de Moulins	»	2 600	2 600
Bourg de Villeneuve	15	600	600
Bourg de Bessay	15	1 200	1 200
Bourg de Varennes	30	1 708	1 708
Bourg de Saint-Gerand	40	780	780
Ville de Lapalisse	50	1 260	1 260
Ville du Donjon	70	780	780
Ville de Cusset	50	1 860	930
Ville de Vichy	50	4 100	2 050
Ville de Gannat	55	200	200
Village du Mayet	45	1 400	1 400
Ville de Saint-Pourçain	32	1 200	1 200
Village de Chatel-de-Neuve	18	400	400
Village de Saint-Bonnet	2	580	580
Bourg de Chevagnes	18	480	480
		19 148	16 168

Il résulte de l'examen de ce tableau que la superficie totale des pavages s'élève à 50 848 mètres quarrés; que les pavages de la ville de Moulins forment à eux seuls environ la moitié de cette superficie, et que la plupart des autres localités sont échelonnées autour du chef-lieu du département suivant un rayon moyen de 40 kilomètres.

Profil transversal. — La plupart de nos chaussées pavées

Digitized by Google

sont aujourd'hui bordées par des trottoirs saillants de 0^m.16, recouverts d'un pavage, d'un dallage ou d'une couche de bitume. La largeur de la voie charretière entre les trottoirs varie de 5 mètres à 6^m.50, suivant la largeur totale de la route et l'importance de la circulation; mais elle est en général uniforme d'une extrémité à l'autre d'une même traverse, et les variations de largeur de la route portent uniquement sur les trottoirs. A Moulins, la largeur de chaque trottoir varie de 2 mètres à 3^m.50. Le bombement de la voie charretière est d'ailleurs fixé au cinquantième de sa largeur, et la pente de chaque trottoir inclinée vers l'axe de la chaussée est égale à 0^m.03 par mètre.

Ce profil transversal est également adopté pour toutes les parties empierrées des traverses d'une certaine importance. La chaussée est alors bordée de demi-caniveaux ayant 0^m.50 de largeur qui s'appuient contre les bordures des trottoirs.

Enfin, dans les traverses moins importantes, la chaussée empierrée est simplement encadrée entre deux caniveaux pavés ayant chacun 1 mètre de largeur totale.

Nature des matériaux employés. — Tous les pavés employés dans le département, à l'exception de ceux des traverses de Gannat, sont formés de grès résistants et homogènes d'une qualité supérieure. A Gannat on a utilisé jusqu'à ce jour, par motif d'économie, des pavés provenant des carrières calcaires de la localité. Ces pavés, beaucoup moins résistants que les premiers, peuvent cependant produire d'assez bons effets, lorsqu'ils sont soumis à un triage rigoureux qui permet de n'employer que des matériaux de résistance uniforme. C'est évidemment là une des conditions les plus essentielles de tout bon pavage, mais elle est encore plus importante lorsqu'il s'agit d'utiliser des matériaux d'une résistance médiocre.

Les dimensions adoptées pour tous les pavés sans exception sont les suivantes :

Digitized by Google

	mètres.
Longueur en tête de.	0.20 à 0.24
Largeur en tête de.	0.12 à 0.14
Queue.	0.16

Emploi des matériaux.—Le but de cette notice n'est pas de décrire avec détail le mode suivi pour la confection des pavages; nous nous bornerons aux indications sommaires suivantes :

La forme de sable sur laquelle doivent reposer les pavés reçoit une épaisseur de $0^m.20$; elle est pilonnée avec le plus grand soin par couches de $0^m.06$ à $0^m.07$. Les pavés sont simplement posés sur cette couche de fondation qu'il est absolument interdit d'entamer sur aucun point. De là résulte la nécessité absolue d'une queue égale pour tous les pavés. Cette condition est à notre avis l'une des plus essentielles, et l'on ne saurait trop la rendre obligatoire si l'on veut obtenir une chaussée d'une résistance bien uniforme. Après leur pose, les joints des pavés sont garnis de sable solide, et lorsque le battage à la hie est terminé, la surface du pavage est recouverte d'une couche de sable de $0^m.03$ à $0^m.04$ d'épaisseur.

Nous ajouterons que la méthode de soufflage, dont les avantages sont parfaitement constatés, est exclusivement suivie pour la confection des repiquages.

Les indications qui précèdent suffiront sans doute pour faire connaître la situation des pavages auxquels est appliquée depuis plus de quinze ans la méthode de l'entretien par régie. Nous allons entrer maintenant dans le détail de l'organisation du service.

ORGANISATION DE L'ATELIER DES CANTONNIERS PAVEURS.

Composition de l'atelier. — Tous les travaux de main-d'œuvre relatifs à l'entretien des chaussées pavées sont exécutés par un atelier composé d'un chef paveur et de

Digitized by Google

quatre cantonniers spéciaux. Les fournitures des pavés et du sable sont seules confiées à un entrepreneur.

Déplacements. — L'atelier passe ordinairement à Moulins les mois de novembre, décembre, janvier, février, mars, avril et mai. Pendant les cinq autres mois, il se transporte successivement dans chacune des localités qui ont été désignées dans le tableau ci-dessus. Ces localités sont pour la plupart reliées au chef-lieu du département par divers embranchements de chemin de fer.

Travaux effectués. — L'atelier exécute tous les relevés à bout et tous les repiquages nécessaires pour assurer le bon état d'entretien des chaussées et des caniveaux pavés. Il est en outre chargé de tous les ouvrages accessoires qui sont la conséquence des réfections de pavages, tels que la pose et la dépose des trottoirs, le déplacement des grilles et des bouches d'égout, la réparation des ouvrages d'art, etc. Il doit en outre retailler tous les vieux pavés qui peuvent être employés de nouveau et effectuer le smillage d'une certaine quantité de pavés neufs. Ces derniers travaux sont réservés pour les jours de gelée ou de mauvais temps.

Fonctions du chef paveur. — Le chef paveur a autorité sur les cantonniers qui composent l'atelier. Il règle les opérations de détail, vérifie et met en réserve, s'il y a lieu, les pavés reçus provisoirement par le conducteur, mais qui lui paraissent présenter quelques défauts au moment de leur emploi, il surveille tous les travaux de l'atelier auxquels il prend d'ailleurs une part active. Il est en outre chargé de tous les attachements quotidiens qui doivent servir de base aux renseignements statistiques, ainsi qu'au règlement de compte de l'entreprise.

Ouvriers auxiliaires. — Aucun ouvrier auxiliaire n'est jamais adjoint à l'atelier pour les travaux de pavage proprement dit. Pendant l'exécution des relevés à bout, le rangement et l'enlèvement des vieux pavés et l'approche des matériaux neufs sont effectués par des manœuvres dont

Digitized by Google

le nombre est calculé de telle sorte que les ouvriers de l'atelier n'aient à s'occuper que de la main-d'œuvre spéciale à leur profession. Les repiquages, le smillage des pavés vieux ou neufs et tous les autres travaux accessoires ne comportent jamais l'emploi d'ouvriers étrangers.

Surveillance. — L'atelier est placé successivement sous les ordres des différents conducteurs qui ont dans leur subdivision les traverses pavées désignées dans le tableau ci-dessus. Un ordre de service de l'ingénieur règle au début de chaque campagne le sens et la durée de l'itinéraire qui doit être suivi, suivant les besoins du service.

Salaire. — Le salaire mensuel de l'atelier est fixé ainsi qu'il suit :

	fr.
Un chef paveur	80
Un cantonnier de 1re classe	65
Deux cantonniers de 2e classe	120
Un cantonnier de 3e classe	55
Total	320

Il est en outre alloué à l'atelier une indemnité de découcher de 7f.68 par jour (trois cinquièmes du salaire quotidien), ainsi que le remboursement des frais de transport rapide en chemin de fer (troisième classe). Cette indemnité s'est élevée chaque année à la somme moyenne de 462f.86, de 1855 à 1867 inclusivement.

Heures de travail. — Les heures de travail sont celles fixées par le règlement général des cantonniers ordinaires. Il en résulte que la journée moyenne de chaque cantonnier comprend 9h.83 de travail effectif, ce qui porte le nombre annuel des heures de travail à 3019 pour un seul cantonnier, et à 15095 pour l'atelier complet. Il en résulte également que le prix moyen de l'heure de travail doit être évalué à 0f.256.

Travail produit. — Dans ces conditions, les opérations de l'atelier s'exécutent avec une régularité parfaite. La sur-

Digitized by Google

veillance est facile et s'exerce sur les plus petits détails. Le temps perdu pour fausses manœuvres est à peu près insignifiant.

Aussi nous pouvons certifier que les pavages exécutés par l'atelier présentent une supériorité incontestable sur ceux qui étaient autrefois effectués par les entrepreneurs. Il a suffi d'un petit nombre d'années pour modifier complétement l'aspect ancien des chaussées et pour améliorer au delà de toute prévision leur viabilité moyenne. Aujourd'hui tous nos pavages ont été ramenés à l'état d'entretien normal, et leur situation est aussi satisfaisante que possible.

Au prix de quels sacrifices ces résultats ont-ils été obtenus ? c'est ce qu'il nous reste à établir.

RÉSULTATS OBTENUS.

Temps employé à l'exécution de chaque nature d'ouvrage. — Nous comprenons dans le tableau ci-dessous les divers travaux exécutés par l'atelier de 1855 à 1868, avec l'indication des quantités et du temps employé à chaque nature d'ouvrage.

Digitized

INDICATION des années.	RELEVÉS A BOUT.			REPIQUAGES au-dessous de 2 mètres.		REPIQUAGES au-dessus de 2 mètres.		RETAILLE de vieux pavés.		SMILLAGE de pavés neufs.		Ouvrages divers exprimés en heures de travail de l'atelier.	Temps perdu exprimé en heures de travail de l'atelier.	Nombre total des heures de travail de l'atelier.
	Quantités.	Heures de travail de l'atelier.	Heures de travail d'ouvriers auxiliaires.	Quantités.	Heures de travail de l'atelier.	Quantités.	Heures de travail de l'atelier.	Quantités.	Heures de travail de l'atelier.	Quantités.	Heures de travail de l'atelier.			
	mèt. q.	heures.	heures.	mèt. q.	heures.	mèt. q.	heures.	pavés.	heures.	pavés.	heures.	heures.	heures.	heures.
1855	3 312.00	3 690.00	1 660	109.00	190.75	1 903.00	2 070.74	20 860	3 311.68	11 994	3 731.83	1 807.50	27.50	14 830
1856	4 557.50	5 300.75	2 270	253.00	390.75	1 740.00	1 967.00	33 824	5 734.91	1 557	511.63	222.45	705.80	14 833
1857	3 118.00	4 449.80	1 559	286.00	538.67	1 915.00	2 622.00	17 023	3 429.35	6 404	2 471.08	529.80	345.28	14 387
1858	4 358.50	6 410.40	2 179	239.00	492.69	1 760.00	2 497.74	13 290	2 870.60	4 436	1 903.57	609.50	310.50	15 095
1859	4 833.50	8 049.71	2 415	88.00	154.00	974.00	1 511.86	10 508	2 564.22	4 453	2 200.71	266.00	348.50	15 095
1860	6 472.50	8 114.25	3 237	128.00	224.00	674.50	820.85	23 415	4 262.02	1 644	595.13	938.00	140.75	15 095
1861	7 015.00	8 955.69	3 508	108.00	189.00	1 182.00	1 459.39	18 049	3 338.64	2 377	841.28	100.00	211.00	15 094
1862	5 872.00	7 688.80	2 986	130.50	228.37	1 720.00	2 165.00	17 636	3 339.57	3 310	1 206.26	259.00	108.00	14 995
1863	5 780.00	6 520.00	2 855	342.00	595.78	3 664.00	4 064.00	16 511	2 717.57	2 325	722.65	370.00	105.00	15 095
1864	3 763.00	5 026.05	1 880	383.00	683.77	4 059.00	5 207.92	11 936	2 297.63	4 153	1 544.63	165.00	170.00	15 095
1865	5 375.00	7 100.90	2 687	246.50	439.51	2 622.50	3 326.75	13 965	2 665.19	3 720	1 362.85	84.00	115.00	15 095
1866	2 845.50	3 549.70	1 422	236.50	392.52	5 504.00	6 581.10	16 888	3 046.84	345	124.84	1 280.00	120.00	15 095
1867	4 479.00	6 000.50	2 240	68.00	119.33	1 711.00	2 197.95	12 344	2 290.87	2 654	990.35	3 404.00	83.00	15 095
Totaux. . .	61 781.50	80 856.55	30 898	2 617.50	4 639.14	29 159.00	36 492.30	226 249	41 878.89	49 372	18 206.81	10 035.25	2 790.30	194 899.00
Moyennes.	4 751.60	6 219.73	2 530.61	201.35	356.85	2 266.00	2 807.10	17 404	3 221.45	3 798	1 400.52	772.00	214.60	14 992.23

Digitized by Google

Il résulte de l'examen du tableau ci-dessus que le temps consacré par l'atelier à chaque travail doit être évalué comme il suit :

	heures.	
Un mètre superficiel de relevé à bout.	1.31 0.435	d'un ouvrier de l'atelier. d'un ouvrier auxiliaire.
Un mètre superficiel de repiquage au-dessous de 2 mèt. .	1.77	d'un ouvrier de l'atelier.
Un mètre superficiel de repiquage au-dessus de 2 mèt. .	1.24	—
Retaille d'un millier de vieux pavés.	185.10	—
Smillage d'un millier de pavés neufs.	368.77	—

Dépenses. — Nous avons déjà vu que le prix moyen de l'heure de travail d'un ouvrier de l'atelier devait être évalué à 0f.256. D'un autre côté, le prix moyen de l'heure de travail d'un manœuvre, pendant la période comprise de 1855-1867, peut être fixé à 0f.20. En adoptant ces bases des prix on obtient la dépense correspondante à chacun des travaux de main-d'œuvre de l'atelier, savoir :

	fr.
Un mètre superficiel de relevé à bout.	0.435
Un mètre superficiel de repiquage au-dessous de 2 mèt.	0.453
Un mètre superficiel de repiquage au-dessus de 2 mèt.	0.317
Retaille d'un millier de vieux pavés.	47.39
Smillage d'un millier de pavés neufs.	94.40

Les deux derniers prix sont à peu près ceux qui devraient être alloués aux entrepreneurs; mais il n'en est pas de même des trois premiers. En effet, si l'on se reporte aux baux d'entretien des chaussées pavées dans le département de l'Allier qui étaient en usage en 1850, et si, pour rendre la comparaison possible, on adopte comme base le prix de 0f.20 pour l'heure de travail d'un simple manœuvre, on reconnaît que les prix alloués aux entrepreneurs étaient les suivants :

	fr.
Pour le mètre superficiel de relevé à bout.	0.75
Pour le mètre superficiel de repiquage au-dessous de 2 mèt.	1.00
Pour le mètre superficiel de repiquage au-dessus de 2 mèt.	0.75

Économie obtenue. — L'économie obtenue par l'emploi des cantonniers paveurs est donc très-considérable, car elle s'élève presqu'à la moitié des prix inscrits sur les anciens devis d'entretien.

Il est vrai que l'application du mode d'entretien par régie à toutes les chaussées pavées du département grève le budget d'une somme annuelle de 462f.86 représentant les frais de déplacement de l'atelier, et qu'en outre il résulte du tableau précédent que chaque année, soit par suite de ces déplacements, soit pour motifs de force majeure, deux cent quatorze heures de travail représentant une somme de 54f.94 ont été perdues; mais il est facile d'établir la comparaison des dépenses faites dans les deux systèmes, en tenant compte de ces excédants. Cette comparaison est indiquée dans le tableau ci-dessous :

INDICATION des ouvrages exécutés annuellement (moyennes).	DÉPENSES par l'atelier des cantonniers paveurs.	DÉPENSES d'après les prix prévus aux devis d'entretien.
	francs.	francs.
Relevés à bout.	2 066.95	3 563.70
Repiquages au-dessous de 2 mètres.	91.21	201.25
Repiquages au-dessus de 2 mètres.	718.32	1 699.50
Indemnités de déplacements.	54.94	»
Temps perdu.	462.86	»
Totaux.	3 394.28	5 461.45

L'économie produite par l'emploi des cantonniers dépasse donc les deux cinquièmes de la dépense totale prévue, d'après les prix des anciens baux.

Objectera-t-on que ces derniers prix paraissent exagérés? Nous ne le pensons pas, car ils étaient considérés par les

entrepreneurs comme à peine rémunérateurs, et ce qui le prouve, c'est que l'installation de la régie au milieu même de la durée de l'ancien bail de 1850 à 1852, non-seulement n'a donné lieu à aucune réclamation de leur part, mais même a été accueillie par eux avec reconnaissance.

CONCLUSION.

Premiers essais. — Ce n'est pas sans hésitation et sans de nombreuses expériences que nous sommes arrivé à l'organisation du service d'entretien des chaussées pavées tel qu'il existe aujourd'hui. Un premier essai avait été tenté par M. de Sappel, notre prédécesseur, et lors de notre prise de possession du service en 1853, un atelier composé de trois cantonniers paveurs était déjà installé à Moulins, et fonctionnait concurremment avec les ateliers de l'entrepreneur. Bientôt les avantages du nouveau système ont paru tellement évidents, que nous avons jugé inutile de maintenir plus longtemps l'entretien des chaussées pavées par voie d'entreprise dans la ville de Moulins. Toutefois l'ancien système n'a été définitivement supprimé dans toutes les autres traverses du département que vers le commencement de l'année 1855.

Organisation définitive. — C'est à partir de cette époque que l'atelier des cantonniers paveurs a été organisé sur ses bases actuelles. Depuis lors, notre conviction n'a jamais varié, grâce aux renseignements statistiques recueillis annuellement. Aussi nous croyons-nous suffisamment autorisé à déclarer, comme conclusion de cette notice, que le système de l'entretien en régie des chaussées pavées, au moyen de cantonniers spéciaux placés sous l'entière dépendance des ingénieurs, est le plus avantageux, non-seulement au point de vue de la bonne exécution des travaux, mais encore sous le rapport économique, dans le plus grand nombre de cas.

Digitized by Google

Circonstances les plus favorables à l'application du système. — Il est d'ailleurs facile de se rendre compte *à priori* des limites d'application du système que nous croyons devoir recommander.

Un atelier complet ne peut évidemment être composé de moins de trois cantonniers paveurs, un chef, un paveur ordinaire et un batteur. Quelle est la superficie de pavages nécessaire pour que cet atelier soit utilement occupé toute l'année, condition essentielle qui permet seule d'avoir à sa disposition des ouvriers expérimentés? La fréquentation des routes est évidemment l'un des éléments de la question. Admettons, comme dans l'Allier, une fréquentation moyenne de 242 colliers par jour. La superficie de nos pavages s'élève à 34680 mètres quarrés pour les chaussées proprement dites, et à 15968 mètres quarrés pour les caniveaux. Comme ces derniers exigent un entretien beaucoup moins considérable que les chaussées pavées directement soumises aux chocs résultant du passage des voitures, nous supposerons, d'après certaines données statistiques qui ne présentent du reste rien d'absolu, que, toutes choses égales d'ailleurs, l'entretien de 1 mètre superficiel de chaussée pavée exige une dépense trois fois plus considérable que celui d'une surface égale de simple caniveau. En adoptant cette base d'évaluation, on doit admettre que les pavages de l'Allier représentent une superficie approximative de 42000 mètres quarrés de chaussée. Chaque année le sixième de cette superficie, soit 7200 mètres quarrés, sont réparés par l'atelier au moyen de relevés à bout ou de simples repiquages, et cet atelier, composé de cinq cantonniers, suffit amplement à cette tâche, ainsi qu'à tous les autres travaux accessoires. Un atelier de trois cantonniers serait donc suffisant pour l'entretien d'une superficie de 25000 mètres quarrés, en admettant que la surface des relevés à bout et des repiquages accessoires s'élevât chaque année à 3200 mètres, et en supposant même

Digitized by Google

que les chaussées pavées soumises au régime de l'entretien par voie de régie fussent disséminées sur un grand nombre de points d'un même département.

Toutefois il ne peut s'agir ici que d'une simple indication, car les circonstances locales, dont il est impossible de tenir compte *a priori*, doivent avoir une grande influence sur la solution du problème.

Moulins, le 14 mai 1868.

N° 206

NOTE

Sur les épreuves d'une arche en fonte à deux arcs, de 50 mètres d'ouverture.

Par M. RENAUDOT, ingénieur des ponts et chaussées.

A 101 kilomètres d'Alger, la route impériale n° 4 d'Alger à Oran franchit l'Oued-el-Hammam par une arche de 50 mètres d'ouverture.

Cette arche, dont la construction est due à M. Georges Martin, offre ceci de particulier qu'elle est la première application, à une aussi grande portée, du type de pont-route à deux arcs introduit dans ces dernières années par ce constructeur.

A ce titre, et à raison de quelques circonstances spéciales qui seront relatées plus loin, les résultats très-satisfaisants des épreuves qu'elle a subies nous semblent intéressants à connaître.

Voici les données principales de la construction :

	mèt.
Corde de l'intrados des arcs.	50.00
Flèche, 1/11 de la corde.	4.50
Hauteur constante des arcs.	1.40
Écartement d'axe en axe.	4.73
Largeur de la voie charretière.	4.50
Largeur totale entre les garde-corps. . .	6.00

Les trottoirs, de $0^m.75$ de largeur chacun, sont formés de plaques en fonte rayées à leur surface supérieure, et sont supportés en encorbellement par des consoles en fonte.

Digitized by Google

La section des arcs se compose : d'une lame verticale pleine, de 0m.026 d'épaisseur, armée de deux nervures, supérieure et inférieure, de 0m.27 de largeur et 0m.033 d'épaisseur. Une nervure intermédiaire, parallèle à celles d'intrados et d'extrados, règne sur la face intérieure des arcs; elle a 0m.04 de largeur sur 0m.02 d'épaisseur. D'autres nervures, dans la direction des rayons, divisent l'arc en panneaux parfaitement rigides dans tous les sens.

Le contreventement transversal et longitudinal de la construction est énergiquement assuré : 1° au-dessous du tablier, par de solides entretoises en fonte, placées à l'intrados et à l'extrados des arcs; 2° au niveau du tablier, par les poutrelles en fer du plancher, hautes de 0m.30, et par le plancher, en fonte lui-même, qui supporte la chaussée, et qui se compose de plaques bombées longitudinalement et boulonnées entre elles et sur les poutrelles.

La construction présente ainsi un ensemble tout à fait rigide, s'appuyant, par l'intermédiaire de sommiers en fonte de 1m.70 de hauteur, sur les coussinets en pierre de taille des culées.

Aux termes de la soumission du constructeur, l'arche qui vient d'être sommairement décrite devait subir l'épreuve réglementaire de poids mort à raison de 400 kilog. par mètre carré de tablier, trottoirs compris, et dans les conditions suivantes :

On devait tout d'abord charger une moitié longitudinale de l'arche et noter les abaissements aux clefs, quand ils auraient cessé de croître; puis compléter le chargement, constater à nouveau les flexions subies; après quoi, procéder à l'enlèvement de la surcharge, en commençant par la moitié de l'arche chargée la première.

Les charges devaient demeurer huit heures au moins sur le pont, et n'être retirées que deux heures après que les flexions avaient cessé de croître.

Ces épreuves ont eu lieu du 24 au 27 mai 1867, et l'ar-

Digitized by Google

che a été livrée à la circulation dès le 1er du mois suivant.

Nous reproduisons textuellement, page 585, le tableau résumé des opérations et nivellements auxquels elles ont donné lieu.

Les points nivelés se rapportent aux arêtes intérieures des trottoirs, lesquels sont formés, à la clef, par les nervures supérieures des arcs eux-mêmes, et ailleurs par celles des tympans.

Nous avons souligné dans ce tableau les séries de nivellement qui présentent le plus d'intérêt, tant à raison de ce qu'elles se rapportent à des heures de la journée auxquelles la température a eu la moindre influence, que parce qu'elles correspondent aux états principaux de l'arche, avant, pendant et après l'épreuve.

Voici les conséquences saillantes qui ressortent de ce tableau :

1° *Les flexions totales aux clefs ont été insignifiantes.*

Le 24, à cinq heures du matin, les cotes du sommet des arcs étaient :

Arc amont. . . . . . 14.512 Arc aval. 14.526

Le 25, à la même heure, après dix heures de stationnement de la surcharge, les mêmes cotes sont devenues :

Arc amont. . . . . . 14.498 Arc aval. 14.510

Les abaissements ont donc été de 0m.014 pour l'arc d'amont, de 0m.016 pour l'arc d'aval.

Ces flexions sont assurément très-minimes, eu égard aux conditions hardies d'établissement de l'arche. Ce résultat très-satisfaisant doit être attribué, pensons-nous, en dehors de la résistance principale des arcs, à une certaine rigidité propre du plancher métallique et des tympans, qui a dû atténuer l'action de la surcharge.

Digitized by Google

DATES ET HEURES des nivellements.		DÉSIGNATION DES POINTS NIVELÉS.										OBSERVATIONS.
		Extrémité de l'arche rive droite.		Sur le 8ᵉ montant vertical rive droite.		Sur le sommet de l'arche.		Sur le 8ᵉ montant vertical rive gauche.		Extrémité de l'arche rive gauche.		
		Amont.	Aval.	Amont.	Aval.	Amont.	Aval.	Amont.	Aval.	Amont.	Aval.	
Le 16 mai 1867	à 4ʰ 1/2 du soir.	14.017	14.017	14.269	14.260	14.559	14.559	14.265	14.265	13.998	13.998	Avant la pose de la chaussée.
Le 21 mai 1867	à 4ʰ 1/2 du soir.	13.990	13.990	14.242	14.248	14.536	14.545	14.248	14.260	13.989	14.003	Après la pose de la chaussée.
Le 23 mai 1867	à 4ʰ 1/2 du soir.	13.984	13.984	14.241	14.247	14.540	14.547	14.214	14.256	13.981	13.994	Après la pose des coins définitifs.
	à 5ʰ du matin. .	13.989	13.989	14.231	14.210	14.512	14.526	14.236	14.250	13.987	13.998	Avant l'épreuve.
Le 24 mai 1867	à 9ʰ 1/2 du mat.	»	»	»	»	14.509	14.528	»	»	»	»	La 1/2 arche gauche aux 2/3 chargée.
	à 10ʰ 1/2 du mat.	13.978	13.986	14.239	14.250	14.512	14.535	14.216	14.242	13.975	13.990	La 1/2 arche gauche chargée.
	à 1ʰ 1/1 du soir	»	»	»	»	14.520	14.537	»	»	»	»	— —
	à 2ʰ du soir. . .	13.980	13.978	14.210	14.250	14.524	14.538	14.220	14.250	13.965	13.996	— —
	à 4ʰ 1/2 du soir.	»	»	»	»	14.526	14.536	»	»	»	»	La 1/2 arche droite aux 2/3 chargée.
	à 7ʰ du soir . .	13.982	13.982	14.232	14.239	14.510	14.524	14.228	14.244	13.984	13.99[illegible]	L'arche complétement chargée.
	à 5ʰ du matin. .	13.994	13.994	14.230	14.238	14.498	14.510	14.231	14.248	13.997	14.003	— —
Le 25 mai 1867	à 11ʰ du matin.	»	»	»	»	14.518	14.536	»	»	»	»	La 1/2 arche gauche déchargée.
	à 2ʰ du soir. . .	13.977	13.978	14.228	14.236	14.524	14.538	14.241	14.258	13.985	13.994	— —
	à 7ʰ 1/2 du soir.	13.981	13.981	14.228	14.238	14.518	14.527	14.234	14.244	13.983	13.991	La 1/2 arche droite aux 2/3 déchargée.
Le 26 mai 1867	à 5ʰ du matin. .	13.980	13.980	14.222	14.236	14.510	14.524	14.234	14.247	13.981	13.990	— —
	à 1ʰ 1/2 du soir.	13.969	13.975	14.240	14.241	14.526	14.543	14.236	14.253	13.978	13.989	L'épreuve terminée (Sirocco très-violent jusqu'à 3ʰ du soir).
	à 7ʰ du soir. . .	13.987	13.987	14.233	14.239	14.515	14.530	14.235	14.249	13.983	13.991	L'épreuve terminée.
Le 27 mai 1867	à 5ʰ du matin. .	13.980	13.980	14.222	14.233	14.509	14.523	14.230	14.244	13.983	13.992	—
	à 2ʰ du soir. . .	13.979	13.984	14.234	14.243	14.525	14.537	14.236	14.253	13.983	13.993	—

2° *L'arche a fléchi symétriquement dans la charge successive de ses deux moitiés longitudinales.*

Si l'on compare le nivellement des clefs, le 24, à deux heures de l'après-midi, alors que la demi-arche gauche était chargée, avec celui des mêmes points, le 25, à pareille heure, la charge d'épreuve n'affectant plus que la demi-arche de droite, on voit que les cotes correspondantes sont identiquement les mêmes.

L'arche a donc fait preuve d'une égale élasticité dans les deux cas, indice d'un bon montage et d'une homogénéité de résistance satisfaisante.

3° *Les flexions permanentes à la clef ont été presque nulles.*

Le rapprochement des cotes des sommets des arcs, à cinq heures du matin, les 24 et 27 mai, c'est-à-dire avant et après l'épreuve, fait ressortir, pour les deux arcs, une flexion permanente de $0^{m}.003$.

Un pareil tassement nous paraît devoir être considéré comme très-faible pour une arche de 50 mètres d'ouverture, surbaissée au $\frac{1}{11}$, et dont deux fermes seulement supportent toute la charge. Encore peut-il être partiellement rapporté à une cause accidentelle.

La surcharge était composée de pierraille, comme la chaussée. En procédant à son enlèvement, il fut jugé nécessaire, pour prévoir le tassement du cylindrage, de laisser à la chaussée un surhaussement de quelques centimètres, par suite duquel, après l'épreuve, la charge permanente de l'arche se trouva un peu plus forte qu'avant. Or, en admettant la proportionnalité des flexions aux charges, nous nous sommes rendu compte que $0^{m}.02$ de pierraille devaient donner $0^{m}.001$ environ d'abaissement.

Les flexions permanentes se réduisent donc, en réalité, à $0^{m}.002$.

4° *L'influence de la température sur les arcs très-surbaissés est considérable. — Observations diverses à ce sujet.*

Les épreuves dont nous venons sommairement de déduire

les principaux résultats ont mis en relief l'influence très-notable de la température sur la déformation des arcs à grande portée, présentant un fort surbaissement (*).

Dans la journée du 24, par exemple, tandis que, de cinq heures du matin à sept heures du soir, on effectue le chargement de l'arche, on voit tout d'abord le sommet des arcs s'abaisser, par l'effet progressif de la surcharge; mais, à partir de neuf heures et demie, la température croissant, les nivellements accusent au contraire un relèvement qui devient continu, malgré l'addition incessante de nouvelles charges. On peut même remarquer que l'arc d'aval s'exhausse plus rapidement que l'arc d'amont, ce qui tient à ce que, exposé au levant, il a subi depuis le matin l'action directe des rayons solaires.

C'est ainsi que, de la cote 14.512, son point de départ, l'arc d'amont atteint, à une heure un quart, la cote 14.520; puis, à deux heures, la cote 14.524. A ce moment, le soleil passe d'une face de l'ouvrage à l'autre. L'arc d'amont continue donc à s'échauffer, et à quatre heures et demie le nivellement donne, pour sommet, 14.526, ce qui fait depuis le matin une élévation totale de $0^m.014$, encore bien qu'à ce moment l'arche soit sur le point d'avoir reçu sa surcharge entière.

A sept heures, la fraîcheur du soir fait tomber la cote précédente à 14.510, et le rayonnement nocturne achevant de dépouiller le métal de la chaleur qu'il a absorbée pendant la journée, le nivellement du 25, à cinq heures du

(*) Si l'on exprime approximativement, avec M. Bresse, par $E\tau \frac{h}{f} = E\tau \frac{\frac{h}{2a}}{\frac{f}{2a}}$, ($2a$ portée de l'arc, f sa flèche, $\frac{f}{2a}$ son surbaissement), la pression maxima due à une dilatation τ, on se rend théoriquement compte, que la température doit avoir d'autant plus d'action sur une arche, qu'elle est plus surbaissée et que la hauteur de ses arcs, en relation avec son ouverture, est elle-même plus considérable.

Digitized by Google

matin, accuse que le sommet de l'arc considéré s'est finalement abaissé à 14.498, c'est-à-dire à $0^m.014$ au-dessous de son point de départ.

La température, que nous n'avons pas mesurée exactement, mais qui devait être de 30 degrés centigrade environ, a donc, de neuf heures et demie du matin à quatre heures et demie de l'après-midi, produit sur l'arche un relèvement *double* de l'abaissement dû à l'action propre de la surcharge (*).

Nul doute que de tels mouvements aient pour effet de modifier très-notablement la répartition des pressions dans le corps des arcs, et d'en accroître sensiblement en certains points l'intensité maxima.

Y a-t-il lieu de s'en inquiéter au point de vue de la stabilité? Pour les arches en fonte en particulier, nous ne le pensons pas.

Un artifice toutefois nous paraîtrait devoir être employé, en Algérie notamment, qui paralyserait, au profit de la stabilité, l'influence accidentelle dont il s'agit. Il consisterait, lors du montage, à régler le calage des arcs, supposé d'ailleurs effectué par une température moyenne, de façon à ce que la courbe des pressions fût plus rapprochée de l'intrados que de l'extrados aux naissances. Il suffirait, pour cela, d'accroître la charge portée par les cales inférieures, ce que l'inégale sonorité des coins de serrage sous le choc du marteau permettrait, avec l'à peu près inévitable de semblables expédients, de réaliser.

(*) Si l'on cherche à évaluer, pour cette température de $30° = \theta$, le relèvement assigné par la formule simplifiée $\Delta = 1.56\tau\rho$ du cours de M. Bresse, ρ étant le rayon de courbure de l'arc $= 71^m.70$, τ étant égal pour la fonte à 0.0000110, on trouve $\Delta = 0^m.036$, au lieu de $0^m.028$. On peut faire observer, à l'appui de la différence, que l'arc d'aval, mois échauffé que celui d'amont, a dû réagir sur ce dernier par l'intermédiaire du plancher et du contreventement, et contrarier, par conséquent, l'effet propre de la dilatation sur l'arc considéré.

Digitized by Google

Voici les considérations sur lesquelles se fonde cet artifice :

Suivant les indications combinées de la théorie et de l'expérience, une élévation de température rapproche, à la clef, la courbe des pressions de l'intrados ; elle l'en éloigne, au contraire, aux naissances.

Le premier effet est favorable à la stabilité, en ce que la courbe des pressions permanentes passant, à la clef, plus près de l'extrados que de l'intrados, son rapprochement de la fibre moyenne produit une répartition plus uniforme de la pression totale.

Le second effet concourra donc aussi au même but et de la même façon, si la courbe des pressions permanentes passe, aux températures ordinaires, entre l'intrados et la fibre moyenne.

A un autre point de vue encore, cette influence de la température, dans les pays où elle peut atteindre une grande intensité, mérite d'être prise en considération.

La théorie des arcs, telle qu'elle est assise aujourd'hui, repose essentiellement sur l'hypothèse d'une continuité moléculaire parfaite dans les matériaux qui les composent. Les arcs en fer, pas plus que ceux en fonte, ne la réalisent complétement; mais il y a entre les deux systèmes une distinction à faire en faveur des derniers, au point de vue de la stabilité.

Dans les arches en fer, c'est par le rivet que doivent s'établir, entre les éléments multiples dont elles sont formées, la continuité et la solidarité nécessaires à la stabilité de l'ensemble. C'est l'intermédiaire essentiel des modifications de formes qu'introduisent dans la construction les variations d'intensité des forces extérieures.

Les arches en fonte ne présentent, en réalité, pas de semblable intermédiaire. Chaque voussoir est une pièce continue, comme celle qu'envisage la théorie; et les boulons qui assemblent les diverses parties ne jouent en défi-

Digitized by Google

nitive, dans la stabilité, qu'un rôle tout à fait secondaire, on pourrait presque dire absolument nul.

Cette fonction différente du rivet et du boulon attribue aux deux systèmes d'arches que nous envisageons une aptitude bien différente à subir en particulier, l'influence des variations de température.

Dans les arches en fonte, en effet, ce sont les ressorts moléculaires eux-mêmes qui, se comprimant ou se détendant suivant les influences extérieures, se prêtent aux modifications de forme qu'elles déterminent.

Dans les constructions en fer, au contraire, ces mêmes ressorts n'entrent en action que par le concours du rivet, et si sa ténacité est insuffisante, les déformations, au lieu de s'effectuer exclusivement par des mouvements moléculaires, ont lieu partiellement sous forme de déplacements relatifs des diverses parties assemblées. Or, dès que ce relâchement dans la rigidité première de l'ouvrage a commencé, il est évident qu'il ne peut que rapidement progresser et que la construction doit tendre vers une ruine certaine. D'après cela, n'y a-t-il pas à redouter que les variations de température, en imposant aux arches en fer d'incessantes modifications de forme qui fatiguent la rivure, ne produisent sur elles les effets désastreux qui viennent d'être analysés? Nous posons l'interrogation sans y répondre. Il nous suffit de constater que les arches en fonte ne contiennent point de germe d'une semblable détérioration.

Voici enfin une dernière considération qui tend encore, au même point de vue de l'influence des variations de température sur la stabilité des arcs, à attribuer à la fonte une supériorité marquée sur le fer.

Le fer laminé, de qualité ordinaire, rompt par compression vers 25 ou 30 kilog. par millimètre quarré. Le coefficient de 6 kilog. qu'on lui assigne dans les calculs de résistance est donc le cinquième au plus de sa résistance limite.

Digitized by Google

Suivant les auteurs, la charge moyenne d'écrasement de la fonte n'est pas moindre que 60 kilog. et descendrait au minimum à 40 kilog. pour les fontes les plus médiocres. Le coefficient pratique de 5 kilog. dont on se sert aujourd'hui est ainsi le douzième et au minimum le huitième des charges de rupture.

D'où il ressort qu'en réalité les arches en fonte subissent des efforts notablement plus éloignés de ceux qui détermineraient la rupture ou seulement l'altération de l'élasticité du métal, que les arches en fer. La marge qu'elles laissent aux influences accidentelles en est d'autant plus grande et l'effet de ces dernières moins à redouter (*).

Concluons donc qu'aux divers points de vue auxquels on peut se placer pour apprécier l'influence des variations de température sur la stabilité des arches métalliques, celles en fonte paraissent présenter des garanties spéciales de sécurité, comme aussi des chances de durée supérieures à celles des arches en fer.

La seule supériorité de ces dernières arches sur celles en fonte, l'économie, a perdu déjà et peut perdre beaucoup encore de son importance, si, enhardis par l'expérience, les constructeurs s'avancent résolûment dans la voie rationnelle de la réduction du nombre des fermes.

Par cette réduction, en effet, on diminuera l'importance relative d'un élément secondaire en définitive dans la résistance, le tympan, au profit de l'arc, c'est-à-dire de l'élé-

(*) Dans le mois d'août de l'année 1865, la province d'Alger a subi un sirocco d'une intensité et d'une durée exceptionnelles. Durant une huitaine, à l'ombre, le thermomètre, à Blidah, stationna vers 45 degrés. Nous ne saurions dire ce qu'il eût marqué au soleil ; nous relatons, seulement, que les tabliers de ponts en tôle situés près des villages d'El Affroun et du Bou Roumi, dans la Mitidja, faisaient entendre comme des détonations sous l'action des dilatations, et que, malgré la peinture de couleur très-claire qui protége les tôles, celles-ci étaient tellement brûlantes que la main n'en pouvait supporter le contact.

Digitized by Google

ment essentiel à la stabilité. Avec moins de métal, plus rationnellement employé, on obtiendra une stabilité égale.

Voici, pour clore cette note, le poids des métaux et le prix de revient de l'arche de l'Oued-el-Hammam.

L'arche métallique, d'après les renseignements fournis par le constructeur, pèse environ 152 590 kilog., savoir :

	kil.
Fonte	135 000
Fers	17 500
Total égal	152 500

Le prix de revient, traité à forfait, pour fourniture et pose, tous frais de transport et risques de terre et de mer jusqu'à pied-d'œuvre compris, est de 91 000 francs. Les frais d'établissement de la chaussée d'empierrement et ceux d'épreuve ont été seuls laissés à la charge de l'administration.

Blidah, le 1er mai 1868.

Digitized by Google

N° 207

MÉMOIRE

Sur le colmatage des terrains de la vallée de l'Isère, partie comprise dans la Savoie entre le pont de Grésy et la limite du département,

Par M. DRIZARD (Antoine), conducteur des ponts et chaussées.

Pour l'intelligence de ce mémoire, nous fournissons (Pl. 178, *fig.* 1), le plan général d'une partie de la rivière de l'Isère, qui prend sa source au pied du mont Iseran (Savoie), et qui va se jeter dans le Rhône au-dessus de Valence.

Nous mentionnerons seulement un de ses affluents, l'Arc, qui prend sa source aussi dans la chaîne des Alpes, au pied du col Gérard, et qui se jette dans l'Isère à Chamousset.

De ces deux rivières torrentielles, la première, l'Isère, n'ayant pas de lit fixe, parcourait la vallée de la partie comprise entre Albertville et la limite du département, sur 40 kilomètres de longueur environ, se créant à chaque crue un nouveau lit. tantôt à droite, tantôt à gauche, détruisant et anéantissant environ 3000 hectares de terrain, dont les produits devenaient, sinon nuls, du moins d'une bien faible importance.

La deuxième, l'Arc, dans son parcours sur 4 kilomètres environ, entre le pont d'Aiton et son confluent dans l'Isère, agissait de la même manière.

La destruction des produits n'était pas le seul fléau qu'avaient à supporter ces vallées; car chaque fois que ces rivières changeaient de lit, elles laissaient, dans les parties qu'elles abandonnaient, des *brassières* où les eaux restant stagnantes, engendraient, au moment des chaleurs, des

miasmes pestilentiels accompagnés de fièvres paludéennes qui décimaient les populations des communes environnantes.

Le gouvernement sarde, dans le but de remédier à ce triste état de choses, avait conçu, dès l'année 1787, la pensée d'entreprendre les travaux nécessaires; aussi, à partir de ce moment, fit-il dresser les premiers projets.

Par lettres patentes du 7 janvier 1823, le roi Charles-Félix ordonna l'endiguement de l'Isère, depuis le torrent de l'Arly à Albertville jusqu'à la frontière de France, et celui de l'Arc, depuis le pont d'Aiton jusqu'au confluent à Chamousset, en instituant une commission chargée de proposer les moyens propres à assurer le succès de l'opération.

Sa Majesté Charles-Félix en posa même la première pierre le 18 août 1824.

Le projet général des travaux fut approuvé par lettres patentes du 21 août 1827.

Par la même décision, les parties considérées comme le lit ordinaire et habituel de ces deux rivières, le sol qu'occupaient leurs eaux courantes dans leurs diverses branches, tant principales que secondaires, ensemble tous les bancs, graviers, atterrissements en état non productif existant entre les deux berges, furent déclarés propriété de l'État.

Pour concourir à l'exécution de ces travaux, qui ont coûté environ 9 millions de francs, on frappa d'un impôt basé sur quatre catégories, suivant le plus ou moins de garantie que devait leur procurer l'endiguement, tous les terrains atteints par les plus hautes eaux connues, impôt donnant en moyenne 6 francs par are.

On divisa l'exécution des travaux en trois parties :

La première sur l'Isère, entre Albertville et 1 000 mètres environ en aval du pont de Grésy, fut adjugée à partir de 1829.

La deuxième sur l'Arc, entre le pont d'Aiton et son confluent, fut adjugée à la même époque.

Digitized by Google

Ces deux parties ont été achevées dans le courant de l'année 1839.

La troisième partie sur l'Isère, comprise entre un point pris, à mille mètres environ, en aval du pont de Grésy, et l'ancienne frontière de France, fut adjugée seulement le 4 juin 1840.

Nous croyons utile de dire que le lit artificiel de l'Isère, dans sa partie comprise entre Albertville et le confluent de l'Arc, a été établi avec une largeur de 100 mètres à l'étiage, et entre ce dernier point et la limite du département, avec une largeur de 130 mètres.

Quant au lit de l'Arc, on lui a donné une largeur de 60 mètres également à l'étiage.

Comme nous ne pouvons parler ici que des travaux de colmatage que nous avons suivis, nous nous occuperons uniquement de ce qui regarde la troisième partie, dont les terrains, en état de colmatage, longent l'Isère sur une longueur de 23 kilomètres environ, et nous commencerons par indiquer (Pl. 178, *fig.* 3) le mode de construction des digues, savoir :

Le revêtement intérieur, incliné à 3 de base pour 1 de hauteur, est composé de gros blocs, de $\frac{1}{5}$ à $\frac{1}{3}$ de mètre cube, qui reposent sur un remblai en nature de gravier, sable et terre mélangés.

Leur couronnement, distraction faite des blocs de revêtement, a une largeur minima de 3 mètres.

Le talus extérieur a aussi été incliné à 3 de base pour 2 de hauteur.

A part le revêtement, toutes les digues ont été construites avec des remblais en nature de gravier, sable et terre mélangés.

Nous mentionnerons aussi que la rivière de l'Isère a, dans la partie dont nous nous occupons, une pente de $0^{m}.0015$ par mètre en moyenne.

Le gouvernement sarde, après s'être rendu compte des

Digitized by Google

mauvais résultats qu'avait suscités le trop de précipitation de la vente des terrains conquis par l'endiguement de la première partie, dont les travaux ont été terminés en 1839, changea de système. Par lettres patentes en date du 20 mai 1845, tout en prenant à sa charge les dépenses résultant de l'achèvement des digues de la troisième partie, il décida qu'on atterrirait, par voie de colmatage, tous les terrains provenant de l'ancien lit de l'Isère, ainsi que tous ceux susceptibles d'atterrissement, en nature de marais abandonnés et à abandonner par les propriétaires et les communes, qui préféreraient l'abandon de leurs parcelles au payement de l'impôt d'endiguement dont elles étaient frappées.

Ces travaux, dont l'exécution a commencé vers la fin de l'année 1847, ne pouvaient manquer de fournir les plus grandes améliorations, grâce aux eaux limoneuses que charrient les rivières de l'Isère et de l'Arc, pendant plus de trois mois consécutifs, du 15 avril au 15 juillet, moment où s'opère la fonte des neiges qui s'amoncellent chaque année sur les monts de la chaîne des Alpes.

Les eaux de l'Isère sont utilisées seules sur un parcours de 5 kilomètres, et, sur le reste de son parcours, les colmatages se font avec les eaux de cette dernière rivière et celles de l'Arc réunies.

Pour l'exécution des ouvrages, on a réparti le cours de la rivière en sections, en construisant, à travers les digues, des prises d'eau munies chacune d'un nombre de vannes déterminé, et des ponts déversoirs pour faire rentrer les eaux dans l'Isère.

Digitized by Google

RIVE DROITE DE L'ISÈRE.

Sur la rive droite de l'Isère, les travaux de colmatage sont divisés en quatre sections :

La première, entre le pont de Grésy et le grand barrage de Pau, a une longueur de 7 kilomètres environ.

Sept prises d'eau, dont chacune est munie de trois vannes, ont été établies à des distances plus ou moins longues, suivant les superficies de terrains qu'elles étaient appelées à colmater.

Les terrains ont été divisés en 21 bassins par des turcies, munies chacune d'un nombre de déversoirs en rapport, par leurs longueurs, avec la quantité d'eau à introduire dans chaque bassin.

Les déversoirs de cette section sont au nombre de 105, d'une longueur ensemble de 1 906 mètres.

Dans les bassins, où les terrains des propriétaires voisins n'étaient pas assez élevés, on a construit, pour les garantir contre les eaux utilisées, des bourrelets d'enceinte.

Un pont déversoir en pierres, à trois arches, a été établi à l'extrémité de cette section, pour rejeter dans l'Isère, après qu'elles se seraient dépouillées de leurs limons dans les bassins, les eaux utilisées par les vannes de ces 7 prises.

La deuxième section, comprise entre le grand barrage de Pau et le pont déversoir de Saint-Jean-de-la-Porte, a une longueur de 3 600 mètres.

Six prises d'eau, dont une à une vanne et cinq à trois vannes chacune y ont été établies, dans les mêmes conditions que les précédentes.

Les terrains de cette section ont été divisés en dix bassins munis aussi de turcies.

Les déversoirs construits sont au nombre de 37, d'une longueur ensemble de 848 mètres.

Digitized by Google

Un pont déversoir en pierres, à trois arches, a également été construit à l'extrémité de cette section.

Comme dans la section précédente, on a protégé, au moyen d'un bourrelet d'enceinte, les parties où les propriétés cultivables voisines n'étaient pas assez élevées pour être garanties contre les eaux introduites dans les bassins.

La troisième section, entre le pont déversoir de Saint-Jean-de-la-Porte et le pont déversoir de Cruet, a une longueur de 3 400 mètres.

Quatre prises d'eau de trois vannes y ont été établies.

Les terrains de cette section ont été divisés en sept bassins, à l'aide de turcies.

Les déversoirs sont au nombre de 31, ayant ensemble une longueur de 1 027 mètres.

Deux ponts déversoirs ont été construits à la limite de cette section, l'un en pierres et l'autre en bois.

La quatrième section, comprise entre le pont du chemin de fer de Grenoble et l'ancienne frontière de France, a une longueur d'environ 3 kilomètres.

Cinq prises, ayant chacune deux vannes, y ont aussi été construites.

Les terrains en voie d'atterrissement ont été divisés en douze bassins.

Les déversoirs sont au nombre de 44, ayant une longueur ensemble de 1 171 mètres.

Un bourrelet d'enceinte général a été établi sur toute la droite de ces bassins, pour protéger les propriété cultivables riveraines contre l'envahissement des eaux introduites dans lesdits bassins.

Un pont déversoir en bois a été construit à la limite de cette section.

Il résulte de ces données que, sur la rive droite de l'Isère, on a disposé pour le colmatage des terrains :

22 prises d'eau, ayant ensemble 59 vannes;

Digitized by Google

217 déversoirs, ayant une longueur ensemble de 4952 mètres;

5 ponts déversoirs.

RIVE GAUCHE DE L'ISÈRE.

Sur la rive gauche de la rivière de l'Isère, les travaux de colmatage embrassent aussi quatre sections.

La première section, comprise entre le pont de Grésy et le pont déversoir d'Aiton, a une longueur de 1 100 mètres.

Une prise d'eau de trois vannes y a été établie.

Les terrains à colmater ont été divisés en quatre bassins.

Un pont déversoir en bois a été construit à l'extrémité de cette section.

Les déversoirs de cette section sont au nombre de 10, ayant une longueur ensemble de 300 mètres.

Un bourrelet d'enceinte général a été construit sur la gauche de ces bassins pour les envelopper.

La deuxième section, comprise entre le pont de fer Victor-Emmanuel et le pont déversoir de Lachavanne, a 4 200 mètres de longueur.

6 prises d'eau, de trois vannes chacune, sont ménagées en vue des atterrissements.

Les terrains ont été divisés en 15 bassins.

Les déversoirs construits dans les turcies sont au nombre de 41, ayant ensemble 1 214 mètres de longueur.

Un pont déversoir en bois a été construit à la limite de cette section.

On a préservé, à l'aide d'un bourrelet, celles des propriétés cultivables riveraines qui n'étaient pas assez élevées pour être garanties des eaux introduites dans les bassins.

La troisième section, entre le pont de Montmélian et la butte sous Montmeillerat, a 1 200 mètres de longueur.

Les terrains ont été divisés en 4 bassins.

Digitized by Google

Une prise d'eau de deux vannes y a été établie.

3 turcies y ont été construites.

Les déversoirs pratiqués dans ces turcies sont au nombre de 6, ayant une longueur ensemble de 180 mètres.

A défaut de pont déversoir, les eaux rentrent dans la rivière par une interruption dans la digue.

Le niveau des terrains a permis de se dispenser de bourrelets d'enceinte.

La quatrième section, comprise entre le pont du chemin de fer de Grenoble et l'ancienne frontière de France, a une longueur de 4 kilomètres environ.

Une prise d'eau de 3 vannes y a été construite par nos soins, et 4 prises de 2 vannes chacune y ont été établies par les soins de l'administration sarde.

Les terrains ont été divisés en 10 bassins.

Les déversoirs des turcies sont au nombre de 39 ayant ensemble 1 214 mètres de longueur.

Il n'y a pas de pont déversoir; les eaux, utilisées dans les bassins, retournent naturellement dans l'Isère, qui n'est plus endiguée au delà de la limite du département.

Quelques petites parties sont munies d'un bourrelet d'enceinte.

D'après ces données, on a sur la rive gauche, pour le colmatage des bassins :

13 prises d'eau ayant ensemble 34 vannes;

96 déversoirs, ayant ensemble 2 834 mètres de longueur;

2 ponts déversoirs.

Soit pour les deux rives :

35 prises d'eau, ayant ensemble 93 vannes;

313 déversoirs, mesurant ensemble 7 786 mètres de longueur;

7 ponts déversoirs.

Nous produisons (Pl. 178, *fig.* 2) un plan des deux sections qui se trouvent à l'extrémité du département. Chaque

Digitized by Google

prise d'eau dans ces deux sections est munie seulement de deux vannes.

Nous donnons en outre (Pl. 178, *fig.* 9, 10, 11 et 12) un dessin d'une prise d'eau munie de trois vannes.

Tous les travaux qui viennent d'être décrits avaient pour objet le colmatage des terrains sur une superficie considérable, soit 1 300 hectares environ, dont 850 hectares appartenant à l'État (*) et 450 hectares à peu près appartenant aux communes et aux particuliers.

Il était rationnel, et c'était d'ailleurs l'intention du gouvernement sarde, d'utiliser chaque section aussitôt qu'elle serait achevée. Mais, malheureusement, les choses n'ont pu se passer ainsi.

A peine l'Isère fut-elle jetée par parties dans le lit qu'on lui avait créé, que les propriétaires envahirent les surfaces devenues libres, et qu'ils crurent tout d'abord à l'abri de toute submersion. Bien que le niveau de ces terrains fût trop bas, recouvert en général d'une très-faible couche de terre, quand il n'était pas tout à fait dénudé, et formé seulement de gravier, les riverains se mirent néanmoins à les cultiver.

Plusieurs communes donnèrent même l'exemple de ce regrettable envahissement, telles que Fréterives, Saint-Pierre-d'Albigny, Saint-Jean-de-la-Porte, Cruet, Planaise, Lachavanne, etc., et cela dans le but de louer ces terrains pour se créer de suite le plus grand revenu possible, sans s'occuper de l'avenir : système très-blâmable et très-préjudiciable, contre lequel les ingénieurs piémontais n'ont cessé de protester, convaincus de tous les embarras qu'il leur susciterait.

En effet, à peine les colmatages furent-ils commencés, les

(*) La superficie appartenant à l'État était en réalité de 1 015 hectares, mais elle se réduit à 850 hectares, si l'on défalque 165 hectares qui n'ont pu être compris dans ces travaux.

Digitized by Google

mêmes propriétaires se récrièrent vivement contre l'opération; bien plus ils essayèrent de l'entraver de force, abaissant eux-mêmes les vannes, brisant pendant la nuit les chaînes qui servaient à leur manœuvre, faisant des brèches dans les déversoirs, enfin, employant tous les moyens imaginables pour empêcher le colmatage, sous le prétexte que les eaux, introduites dans les bassins, se jetaient par filtrations dans leurs parcelles, et qu'elles en détruisaient les récoltes.

Pendant que des propriétaires s'opposaient au colmatage, d'autres le réclamaient avec la plus vive instance, comme un engagement formel de la part du gouvernement, qui avait frappé d'un fort impôt certaines de leurs parcelles, à la charge par lui de les colmater.

Malgré cet appui, la résistance des opposants l'a emporté, et a paralysé l'opération, au point que l'on n'introduisait plus les eaux limoneuses dans les bassins, tant qu'il y avait des récoltes sur pied; on se contentait d'utiliser çà et là un peu d'eau à la fin de l'automne et dans l'hiver, au moment où, clarifiée, elle n'avait plus qu'une valeur à peu près nulle.

L'administration ne continua pas moins l'exécution des ouvrages projetés, sans doute, avec l'intime conviction qu'une fois toutes les sections terminées, le gouvernement prendrait les mesures nécessaires pour tirer parti des travaux.

Les premiers projets ont reçu leur commencement d'exécution à partir de 1847, et les derniers ont été terminés en 1859; ce qui représente dix ans perdus pour les premières sections exécutées, laps de temps qui aurait été plus que suffisant pour terminer leur colmatage. C'est là une perte de temps bien fâcheuse, surtout si l'on considère que les ouvrages avaient grandement souffert, tant par les dégradations survenues naturellement, que par celles qui étaient dues à la malveillance.

Digitized by Google

Les choses en étaient là, lorsque l'inondation du mois de novembre 1859, inondation qui a atteint une hauteur de $2^m.55$ au-dessus de l'étiage, est venue exercer ses ravages sur ces travaux, qui sont restés dans le même état jusqu'à l'annexion de la Savoie à la France, laquelle a eu lieu le 12 juin 1860.

La première pensée de MM. les ingénieurs français fut de mettre à profit cette grande entreprise ; aussi l'on s'occupa de suite d'évaluer la somme qui pourrait être nécessaire pour opérer les réparations voulues, en vue de pouvoir effectuer, le plus tôt possible, les colmatages.

Cette somme, si nous ne nous trompons pas, a été fixée à $88\,000^f.00$.

Un chiffre aussi important, qui n'était que le prélude de fortes dépenses dans l'avenir, avait d'abord disposé l'administration supérieure à provoquer la vente des terrains domaniaux à des particuliers.

Convaincu des inconvénients de cette mesure, M. Conte, ingénieur en chef de la Savoie, rédigea, à la date du 24 septembre 1861, un rapport, dans lequel il démontrait la convenance et l'utilité de maintenir les travaux en question, au double point de vue de la salubrité publique fortement compromise à cette époque et même des intérêts du trésor.

En présence de ces considérations, confirmées d'ailleurs par la déclaration de plusieurs médecins, l'administration supérieure décida, à la date du 3 octobre 1861 :

« Que tous les terrains domaniaux conquis sur les anciens lits des délaissés de l'Isère et de l'Arc, ou en voie de l'être à la suite des travaux commencés par le gouvernement sarde, continueraient d'être mis en valeur sous la direction des ingénieurs et sur le budget des travaux publics. »

C'est dès ce moment qu'on dut penser à réparer les dégradations, tout en cherchant à réprimer, autant que possible, le désordre qui s'était jeté, depuis quelque temps, sur les domaniaux, dont une grande superficie avait été en-

Digitized by Google

vahie par les propriétaires et les communes pour l'exploiter abusivement.

Le prétexte mis en avant par les riverains pour colorer cet empiétement, qui n'a pas encore complétement cessé, c'est que, bien qu'ils n'eussent pas payé l'impôt qui frappait leurs terrains, le gouvernement sarde n'avait pas le droit de les déclarer domaniaux, pour en user plus tard à son profit.

Un mal non moins grand qui existait alors, et qui est loin d'avoir disparu, c'est l'impitoyable maraudage qu'on exerçait tant sur les parties boisées, dont presque tous les troncs mutilés attestaient les ravages, que sur les *roselières*, à mesure que leur végétation se développait.

Aussitôt après la décision du 3 octobre 1861, on s'empressa de mettre la main à l'œuvre, d'autant plus que ce n'est qu'à partir du mois d'octobre jusqu'au 1er avril, que les eaux de l'Isère et de l'Arc, généralement toujours basses, permettent de pouvoir effectuer les travaux dans les bassins de colmatage.

Le premier objet qu'eurent en vue MM. les ingénieurs fut de réparer les travaux les plus urgents, avec le crédit de 19891f.82, qui leur fut alloué sur l'exercice 1861, de manière à pouvoir utiliser les premières eaux troubles qui arriveraient en 1862.

Les déversoirs, tels qu'ils avaient été construits (Pl. 178, *fig*. 7 et 8), présentaient une construction défectueuse, mais avaient en outre l'inconvénient d'entraîner une dépense au moins double de ce qu'elle devrait être, si l'on remplaçait les chutes par un glacis uniforme, comme l'indiquent les *fig*. 5 et 6.

Il nous paraît bon de donner des détails sur ces deux systèmes de construction.

Dans les déversoirs construits sous la direction des ingénieurs piémontais, on employait des piquets variant de de 1m.50 jusqu'à 3 mètres de hauteur avec des diamètres

de $0^m.07$ à $0^m.16$ au sommet, débordant inutilement de $0^m.50$ au-dessus des plateaux. A chaque rangée de piquets, on employait un plateau en bois de sapin de $0^m.30$ de hauteur moyenne sur $0^m.10$ d'épaisseur ; sous les plateaux de chaque retraite, on introduisait des fagots composés d'épines ou de branches d'aulnes et de peupliers, sur lesquels on plaçait de la blocaille ou des cailloux, d'une épaisseur de $0^m.30$. Enfin on choisissait, pour établir ces déversoirs, les endroits les plus bas.

Dans les déversoirs construits sous la direction des ingénieurs français, on se sert de piquets de 1 mètre à $1^m.50$ de hauteur et de $0^m.07$ à $0^m.10$ de diamètre.

On emploie un plateau seulement à la rangée supérieure de piquets, et aux autres rangées, on emploie des boudins de $0^m.25$ à $0^m.30$ de diamètre, confectionnés avec des branches d'aulnes ou de peupliers entrelacées les unes dans les autres ; ces boudins sont bien assujettis aux piquets avec des liens en osier, puis entre les rangées on emploie des cailloux qu'on trouve sur place, ou, ce qui convient mieux, de la blocaille (lorsqu'on peut aussi en trouver sur place ou en acheter à bon marché), sur une épaisseur de $0^m.15$ en moyenne. Le glacis, reposant sur une couche de gros sable, est bien damé ; seulement, sous le boudin touchant le sol, on introduit des fagots d'épines, de manière que leurs têtes ne touchent pas les cailloux du glacis, et que leurs extrémités débordent de $0^m.60$ environ sur la partie basse du déversoir, pour briser la chute des eaux.

Ce dernier système, on ne peut plus économique, qui conduit à une dépense de 2 francs à $2^f.50$ par mètre superficiel, nous a parfaitement réussi.

Nous avons même fait passer sur des déversoirs construits dans ces conditions une lame d'eau allant jusqu'à $0^m.40$ de hauteur, sans avoir jamais eu à constater, pendant cinq ans, la plus petite dégradation.

Il convient de donner la plus grande longueur possible

Digitized by Google

aux déversoirs, dont la construction, ainsi traitée, n'entraîne pas une dépense sensiblement plus forte que celle provenant des remblais en plus d'un bourrelet ou d'une turcie, soit environ 1 franc par mètre courant.

Il est bon aussi de dire que la banquette exécutée au-devant de chaque déversoir l'a été et doit l'être avec un terrain en nature de gravier ou gros sable, et non avec de la terre végétale qui n'offrirait pas une résistance suffisante.

Lorsque le terrain sur lequel doit reposer un déversoir est assez résistant, il est inutile de choisir les parties les plus basses du terrain, dans lesquelles les eaux troubles se répandent plus facilement.

Tout en réparant les déversoirs, on a bouché les brèches qui existaient dans les bourrelets d'enceinte et dans les turcies.

Les bourrelets d'enceinte sont construits exclusivement avec des terrains en nature de gravier, sable et terre mélangés; leur couronnement est établi à $0^m.75$ au-dessus du niveau qu'aura le terrain après le colmatage; il varie de 1 mètre à $1^m.50$ de largeur, suivant le plus ou le moins de hauteur qu'ils doivent avoir, par rapport aux terrains cultivables qu'ils sont appelés à protéger; leurs talus sont à $1^m.50$ de base pour 1 mètre de hauteur.

Les turcies sont construites avec les mêmes matériaux que les bourrelets; leur largeur en couronne doit être de $0^m.60$ à 1 mètre, suivant la charge d'eau qu'elles sont appelées à supporter; on doit leur donner du premier coup toute leur hauteur, de manière à ce que leur couronnement se trouve au moins à $0^m.50$ au-dessus de la surface du sol qu'on tend à obtenir.

Il est prudent de suivre ces règles pour les hauteurs à donner aux bourrelets d'enceinte et aux turcies, parce que, si l'on était obligé de les exhausser après coup, on ne pourrait plus avoir, que difficilement, des matériaux conve-

Digitized by Google

nables, ce qui entraînerait dans des difficultés et des dépenses considérables.

Les bourrelets d'enceinte et les turcies ont des hauteurs de 1m.50 à 2 mètres, à part quelques exceptions, comme à Chamousset, rive droite de l'Isère, bassins nos 15, 16 et 17, où la nature et le niveau du terrain ont exigé des hauteurs plus fortes.

Le prix du mètre cube de ces terrassements coûte au maximum 0f.40, ce qui porte le prix du mètre courant de 2 francs à 2f.50 en moyenne.

Chaque turcie doit être munie d'une petite vanne de décharge, pour servir en particulier à l'évacuation des eaux au moment où l'on veut enlever les récoltes des roselières.

Une fois les réparations effectuées, le plus difficile restait à faire, c'était de pratiquer le colmatage, et de dissiper, par l'expérience de ses bienfaits, les préventions injustes dont il était l'objet.

A cet effet, il fallait d'abord se rendre un compte exact de l'époque à laquelle arrivaient les eaux troubles, du moment de leur croissance et de leur décroissance, de la durée pendant laquelle elles étaient plus ou moins limoneuses, en un mot des divers éléments sur lesquels devait reposer toute l'opération.

Nous avons obtenu, sur ces divers points, d'utiles renseignements auprès des habitants de la vallée, et notamment auprès d'un propriétaire qui, ayant suivi les travaux de l'endiguement de l'Isère, avait fait pour son propre compte des travaux de colmatage, et dont l'expérience nous a été très-profitable.

Après avoir reconnu que l'intrados de la clef des voûtes des ponts en maçonnerie, et le dessous des poutres des ponts en bois, se trouvaient sensiblement à 2m.10 au-dessus de l'étiage, nous avons admis, comme point de départ, qu'on pouvait sans inconvénient, jusqu'à une hauteur d'eau dans l'Isère de 1m.10 au-dessus de l'étiage, utiliser toutes les

Digitized by Google

vannes, en les levant entièrement; qu'à partir de cette hauteur, si les eaux tendaient à s'élever, on abaisserait progressivement ces vannes jusqu'à ce que les eaux, se trouvant dans l'Isère à une hauteur de 1^{m}.65 à 1^{m}.70, toutes les prises fussent complétement fermées. Ayant, à ce dernier moment, une revanche de 0^{m}.40 entre le niveau des eaux et l'intrados de la clef des voûtes ou le dessous des ponts, nous étions convaincu, qu'à moins de la plus grande négligence de la part des gardes cantonniers, nous n'avions à redouter aucune rupture dans les bourrelets d'enceinte.

Cette marche, qui a été suivie pendant cinq ans, a été couronnée d'un plein succès.

Les premières eaux limoneuses sont arrivées dans la deuxième quinzaine du mois d'avril 1862; dès lors, nous nous sommes empressé de les introduire dans les bassins avec le plus grand ménagement, et de manière à utiliser tous les ouvrages réparés, en suivant très-assidûment le mouvement des eaux.

A peine l'opération de colmatage a-t-elle été en train, qu'on en a vu naître les résultats; dans des terrains absolument dénudés, on a vu, comme par enchantement, se former des alluvions et pousser des roseaux.

Comme on pouvait le craindre, les cultivateurs de la vallée n'ont pas manqué de contrarier nos opérations à l'origine; ainsi nous avons reconnu plusieurs fois qu'on abaissait les vannes, qu'on brisait les chaînes.

La manœuvre des vannes, que tout passant pouvait exécuter, se faisait à l'aide de grandes chaînes adaptées aux treuils; ce système étant très-coûteux et très-défectueux, nous avons imaginé de remplacer ces grandes chaînes par des chaînes plus petites fixées aux potaux montants, et en nombre double, qui étaient destinées les unes à tenir les vannes levées sur toute leur hauteur, et les autres à les tenir levées à moitié.

Ce système a d'ailleurs l'avantage de permettre, sur une

Digitized by Google

prise d'eau de trois vannes, de réduire le volume des eaux dans une proportion de 6 à 1.

Chaque chaîne est munie au sommet d'un gros clou de 0m.15 à 0m.18 de longueur, avec tête arrondie, creuse à l'intérieur, pour la fixer au poteau, et d'un crochet à l'autre extrémité pour tenir la vanne suspendue, crochet que les gardes cantonniers peuvent enlever à volonté, quand ils ont abaissé entièrement une vanne.

Dans la campagne de 1862, nous avons constaté que les eaux troubles qui provenaient de la fonte des neiges tombées sur les montagnes arrivaient dans la deuxième quinzaine d'avril; que suivant la température du jour, l'Isère et l'Arc étaient en croissance de quatre à six heures du soir, et en décroissance de trois à cinq heures du matin; que les plus fortes eaux correspondaient au mois de mai, à la suite de la fonte rapide des dernières neiges tombées, et qu'à partir du 15 juin jusque vers la deuxième quinzaine de juillet, elles atteignaient une hauteur de 1m.10 à 0m.60 au-dessus de l'étiage.

La campagne de 1862 terminée, c'est-à-dire vers la fin du mois d'octobre, les eaux de l'Isère étant basses, on reprit les travaux de réparation qu'on put pousser avec la plus grande activité, grâce au crédit accordé, supérieur à celui de 1861.

Avec ce crédit, on répara une partie des plus gros ouvrages qu'avait fortement endommagés l'inondation de 1859, et à partir du mois d'avril 1863, on recommença les opérations de colmatage.

Plus assuré que dans la campagne précédente, nous avons déjà pu marcher dans de bien meilleures conditions.

Pendant cette campagne, les améliorations devinrent frappantes; les roselières s'agrandirent, celles qui souffraient se repeuplèrent avec abondance; des dépôts exceptionnels commencèrent à se montrer.

Quatre bassins d'une superficie de 12 à 16 hectares cha-

Digitized by Google

cun, n'offrant que quelques joncs çà et là, et recouverts d'une profondeur de 1 à 2 mètres d'eau, parce qu'ils avaient servi de chambres d'emprunt pour les remblais de la route impériale n° 6 de Paris en Italie, frappèrent notre attention ; aussi nous nous réservâmes de les soigner tout particulièment.

Toutes les fois que les eaux de l'Isère s'élevaient de 1^{m}.65 à 1^{m}.90 au-dessus de l'étiage, et paraissaient très-limoneuses, toutes les vannes supérieures étant abaissées, nous nous attachions à utiliser une partie de la revanche entre la hauteur des eaux de l'Isère et l'intrados de la clef des voûtes des ponts déversoirs de Pau et de Saint-Jean-de-la-Porte, en introduisant dans ces bassins un volume d'eau correspondant à une demi-vanne ou à une vanne entière.

Pour terminer ce qui concerne les bassins, objet de nos soins particuliers, nous dirons qu'ils ont aujourd'hui leur sol bien au-dessus des eaux ordinaires de l'Isère, qu'ils sont nivelés parfaitement et renferment de superbes roselières, sur lesquelles circulent les voitures lorsqu'on enlève les récoltes.

A la fin de la campagne de 1863, on continua les réparations, puis on reprit les opérations du colmatage en avril 1864.

Cette fois, n'ayant plus d'incertitude sur la marche à suivre, nous n'avons pas craint d'utiliser dans tous les bassins réunis *jusqu'à* 80 *mètres cubes d'eau par seconde.*

A la fin de la campagne de 1864, la plus grande partie des brassières commencèrent à présenter des dépôts, qui restaient même à découvert lorsque les eaux de l'Isère étaient basses.

Les roselières s'agrandirent et se multiplièrent considérablement.

En 1865, bien que le crédit fût notablement réduit, parce que les nécessités n'étaient plus les mêmes, on construisit une prise d'eau à trois vannes, en aval du pont du chemin

Digitized by Google

de fer de Grenoble, ainsi qu'un canal d'amenée, qui ont coûté ensemble 5 000 francs environ.

Dans cette campagne, les améliorations se sont produites dans les mêmes conditions que celles de l'année précédente.

En 1866, avec un crédit un peu plus fort que celui de 1865, on a reconstruit les travaux du bassin 15 sur Chamousset, bourrelet d'enceinte, turcie et déversoirs, ainsi qu'une partie des travaux du bassin 16.

Les ouvrages exécutés dans cet endroit, sous la direction des ingénieurs piémontais, n'avaient pour but que l'atterrissement de deux ou trois brassières, d'une surface ensemble de 4 à 5 hectares environ, laissant de côté plus de 40 hectares de terrain, en nature de gravier pur, d'un produit tout à fait nul.

Pour le colmatage de ce terrain, on a ouvert un canal d'amenée le long de la route impériale n° 90, sur une longueur de 2 kilomètres environ, prenant son origine à la prise d'eau n° 4 en aval du pont de Gresy, dont on a abaissé le radier de $0^{m}.32$.

Dans la campagne de 1866, les résultats obtenus ont été les mêmes que ceux des années précédentes.

Ainsi, en cinq campagnes, nous avions obtenu par colmatage des dépôts de plus de 2 mètres de hauteur, et d'une grande richesse, ce qui prouve qu'on peut obtenir, avec les eaux limoneuses de l'Isère, les plus notables améliorations.

Nous avons dit précédemment que les travaux faits sous le gouvernement sarde avaient été, par suite des tâtonnements inévitables dans toute opération nouvelle, à la fois moins appropriés au but, et plus onéreux que ceux qui ont été exécutés par l'administration des ponts et chaussées.

Pour le démontrer, il nous a paru intéressant de reproduire ci-après les dépenses qu'ont occasionnées effectivement les réparations des dégradations provenant en grande partie de l'inondation de 1859, réparations qui avaient été

Digitized by Google

estimées ensemble par MM. les ingénieurs piémontais à 88 000 francs.

Le tableau ci-dessous donne les crédits de chaque année avec les dépenses faites séparément, en réparations et en travaux neufs et d'entretien, tels que curage et ouverture de canaux, menus ouvrages, etc.

CAMPAGNES.	CRÉDITS.	RÉPARATIONS.	ENTRETIEN et travaux neufs.
	francs.	francs.	francs.
1861	19 891.82	13 000.00	6 891.82
1862	25 581.50	18 000 00	7 581.50
1863	20 105.83	14 000.00	6 105.83
1864	14 897.50	4 000.00	10 897.50
1865	18 195.31	4 000.00	14 195.31
1866	14 850.31	2 000.00	12 850.31
Totaux. . .	113 522.27	55 000.00	58 522.27

D'après ces données, on voit que les réparations, au lieu d'avoir coûté 88 000 francs, n'ont coûté que 55 000 francs, grâce à l'amélioration du système de construction.

Ces données nous montrent en outre qu'en déduisant des 58 522f.27 le montant des travaux neufs exécutés, dont on peut estimer la dépense à 28 522f.27, l'entretien des bassins de colmatage a coûté ensemble, dans une période de six ans, 30 000 francs, soit par an 5 000 francs; ce qui amène à dire qu'à partir de ce moment, avec un crédit de 10 000 francs par an au plus, on pourra, en sus de l'entretien, réaliser chaque année de nouvelles améliorations assez importantes.

Nous avons indiqué plus haut que nous avions fait des expériences sur les améliorations annuelles qu'avaient obtenues les blachères ou roselières, à partir de la fin de l'année 1861.

Nous en reproduisons dans le tableau suivant les résultats, que nous avons fait relever aussi exactement que possible par les gardes cantonniers.

Digitized by Google

En 1861 le poids récolté s'est élevé à		900.000	kilogrammes.
1862	. . . .	1 100.000	—
1863	. . . .	1 400.000	—
1864	. . . .	1 700.000	—
1865	. . . .	2 000.000	—
1866	. . . .	2 400.000	—

Les terrains des propriétaires et des communes compris dans les bassins ont gagné dans les mêmes proportions.

Nous avons donné ces résultats en poids, parce que, comme nous le démontrerons plus loin, le prix de la blache, quoique de bien meilleure qualité à présent que celle qu'on récoltait avant, a considérablement baissé, par suite de l'accroissement des quantités dont peuvent disposer aujourd'hui les cultivateurs de la vallée.

On peut admettre que les blachères ou roselières s'étendent aujourd'hui sur une superficie de 600 hectares environ.

Ces améliorations ne sont pas les seules qu'aient recueillies les terrains domaniaux.

Nous citerons les parties boisées qui étaient presque dévastées et qui ont repris, malgré les grands délits qu'on y commet encore journellement, un tout autre aspect.

En 1864 et 1865, on a fait des ventes d'aulnes et d'épines, toutes les autres essences de bois étant réservées, ventes qui ont atteint ensemble une somme de 10 000 francs environ.

Ces ventes peuvent se renouveler tous les quatre ans.

Citons encore une réserve de peupliers qui poussent avec une vigueur remarquable, et qui permettront dans six ans de faire des ventes pour une somme importante.

VALEUR DES DOMANIAUX.

Dès la fin de 1861 on a adopté les bases suivantes pour l'évaluation des domaniaux :

Digitized by Google

	francs.	
Terrains dont le colmatage est achevé.	1 000	l'hectare.
— cultivables à niveler ou exhausser. .	400	—
— cultivables en prairies.	800	—
— en blachères ou roselières.	800	—
— susceptibles d'être colmatés.	300	—
— en bois taillis	800	—
— graviers ou terrains submergés. . . .	100	—

C'est en appliquant ces bases aux surfaces correspondantes, qu'on est arrivé pour les 1 015 hectares de terrains domaniaux rachetés par le gouvernement français, au chiffre total de 502 700 francs; ce qui fait ressortir le prix moyen de l'hectare à 495 francs.

En partant de cette dernière situation, nous allons indiquer dans le tableau suivant comment se résument, en nombres ronds, les résultats fournis par les situations suivantes jusqu'en 1866.

DATES.	ESTIMATIONS		PLUS-VALUES	
	totales.	par hectares.	totales.	par hectares.
	francs.	francs.	francs.	francs.
31 octobre 1861	502 700.00	495.00	»	»
— 1862	590 000.00	581.00	87 290.00	86.00
— 1863	705 650.00	695.00	203 000.00	200.00
— 1864	824 749.00	812.00	322 049.00	317.00
— 1865	960 000.00	946.00	457 300.00	451.00
— 1866	1 146 950.00	1 130.00	644 250.00	635.00

Si nous sommes bien informés, les domaniaux ont été vendus, par le gouvernement sarde au gouvernement français, pour la somme de 475 000 francs, et avec de certaines restrictions qui ramenaient cette valeur à 400 000 francs.

Ce chiffre diffère très-peu de la valeur attribuée aux terrains domaniaux dans le manifeste de la commission royale du 14 septembre 1841, qui comptait sur 900 hectares, estimés ensemble 369 000 francs, ce qui porte les 1 015 hectares vendus au gouvernement français à 416 150 francs.

Par conséquent, si, au 31 décembre 1866, les domaniaux

Digitized by Google

valaient 1 146 950 francs, tandis qu'il ne valaient à la fin de 1861 que 400 000 francs, ils ont gagné une plus-value de 746 950 francs dans un espace de cinq ans seulement et pour une dépense de 113 000 francs.

Comme nous l'avons déjà dit précédemment, les terrains des propriétaires et des communes qui ont profité des colmatages, ont obtenu des plus-values dans les mêmes proportions.

Ces améliorations, qui sont justifiées par l'accroissement successif des récoltes obtenues annuellement, pourraient être représentées par des chiffres même plus élevés que ceux que nous produisons dans ce mémoire.

Nous avons établi ci-dessus :

1° Que les terrains en voie de colmatage comprenaient 50 bassins sur la rive droite de l'Isère et 33 bassins sur la rive gauche, soit pour les deux rives 83 bassins.

2° Que le colmatage de ces terrains était alimenté par 35 prises d'eau munies ensemble de 93 vannes ; ce qui donne un peu plus d'une vanne par bassin, et à peu près une vanne par 10 hectares de terrain à colmater.

(Chaque vanne avait été projetée et exécutée d'abord sur une surface libre de 1^{m}.20, soit 1^{m}.20 de hauteur et 1 mètre de largeur).

De la marche des opérations, nous avons cru pouvoir conclure que ce nombre de vannes était trop considérable, et aurait pu être réduit au moins d'un tiers.

Mais il est juste de remarquer que le gouvernement sarde comptait terminer les colmatages en dix ans au plus, et les appliquer à une bien plus grande superficie que celle sur laquelle on colmate aujourd'hui, parce qu'il regardait comme obligatoire l'atterrissement des terrains trop bas de la vallée, terrains en majeure partie communaux, et qui suscitent tant de difficultés à l'administration des ponts et chaussées, à raison de la location qui en a été faite à un nombre considérable de petits cultivateurs. On s'explique dès lors par-

Digitized by Google

faitement la multiplicité des ouvrages d'introduction construits par MM. les ingénieurs piémontais.

Chaque prise a été construite dans le but de desservir le colmatage de deux à trois bassins, suivant leur plus ou moins d'étendue.

Nous mentionnerons ici, comme donnée d'expérience, qu'une prise d'eau de trois vannes peut atterrir 45 hectares de terrain au moins dans l'espace de six ans, alors même que l'épaisseur du dépôt à obtenir serait de $0^m.50$.

La première année, les eaux limoneuses qui sont introduites dans le premier bassin, et qui pénètrent par décantation par les déversoirs dans le deuxième et le troisième bassin, fournissent un dépôt de moins en moins abondant, à mesure qu'elles se sont dépouillées de leur limon.

La deuxième année, les plantes aquatiques (*), qui se montrent spontanément, précipitent la formation des dépôts, de sorte que les eaux arrivent un peu moins troubles dans le deuxième bassin et encore bien moins dans le troisième.

La *massette* n'a pas de valeur comme fourrage, car lorsqu'elle est à l'état de maturité, ses feuilles se réduisent pour ainsi dire en poussière; seulement, tant qu'il y a chez elle développement de végétation, elle est d'une excellente nourriture pour les bestiaux, et suivant les assertions de cultivateurs, les vaches qui s'en nourrissent donnent beaucoup plus de lait que celles qui ont une autre alimentation.

On rencontre la massette dans tous les pays à marécages, en particulier sur les étangs. Sa tige, semblable à celle du grand roseau, mais un peu plus forte, est surmontée de son fruit ayant la forme d'un cigare de 10 à 20 centimètres de longueur et de 7 à 10 centimètres de circonférence. Quand

(*) Les premières de ces plantes qui apparaissent sont de la famille des *Cypécées*, la *massette* (*Typha latifolia*).

ce ruit est sec, il s'en détache une espèce de duvet, dont quelques personnes de la Savoie font des matelas.

La troisième année survient le grand roseau ou roseau à balai (*arundo phragmites*), qui se multiplie à l'infini et avec une rapidité extraordinaire, et qui entraîne très-vite la disparition de la massette; les eaux se dépouillent alors bien plus vite de leurs limons, et elles arrivent très-peu chargées dans le deuxième bassin.

Ce roseau, qui pousse dans une forte hauteur d'eau, a sa tige très-dure; mais à mesure que le sol sur lequel il croît s'élève par atterrissement, sa tige devient de plus en plus tendre, au point que, lorsque son pied ne se trouve plus submergé que dans le moment où l'on introduit les eaux limoneuses, elle s'aplatit, sous une pression même légère, entre deux doigts.

A cet état, le roseau forme une excellente litière et fournit un très-bon fumier; de plus, à partir de ce moment, il commence à perdre de sa hauteur, mais cette perte est remplacée très-avantageusement par l'épaisseur que donne la blachère, et qui fournit cette fois des produits dont peuvent au besoin se nourrir les bestiaux.

Enfin, à la quatrième année, les roseaux poussant d'une manière compacte et atteignant des hauteurs qui dépassent même 4 mètres, obtiennent le dépouillement complet, dès le premier bassin, des eaux limoneuses qui n'arrivent plus que pour ainsi dire clarifiées dans le deuxième bassin.

Pour obtenir ensuite l'atterrissement complet du deuxième bassin, il s'agit tout simplement d'établir un canal d'amenée qui traverse le premier bassin, en conservant, tant pour achever le colmatage du bassin que pour améliorer et entretenir sa roselière, un volume d'eau convenable.

On agit de la même manière pour le troisième bassin, et l'opération est terminée.

Il arrive parfois, quand on ne peut plus arroser une bla-

Digitized by Google

chère, qu'elle se perd entièrement, comme cela a eu lieu dans plusieurs propriétés.

Dans ce cas, une blachère anéantie ne présente pas de perte, puisque le terrain sur lequel elle reposait se trouve converti en un terrain de culture de première qualité, grâce aux riches dépôts dont il a été doté par le colmatage.

Une remarque aussi que nous ne croyons pas sans intérêt est la suivante :

Lorsqu'on veut reconstituer, en se servant des eaux limoneuses, une blachère ou roselière en état de souffrance depuis deux à trois ans seulement, la première plante qui s'y reproduit en très-grande abondance est la massette.

Comparée au système de trois prises d'eau dont chacune est munie d'une vanne, l'adoption d'une prise d'eau munie de trois vannes a d'abord l'avantage de permettre une grande économie sur les dépenses de construction ; mais elle dispense en outre d'établir des déversoirs dans le bourrelet d'enceinte correspondant aux deux premiers bassins, pour rejeter dans la rivière secondaire les eaux utilisées dans ces bassins après qu'elles y ont déposé leurs limons, attendu qu'un déversoir dans ledit bourrelet, à l'extrémité du troisième bassin, suffit largement ; mais encore l'on ne perd pas, si l'on veut, une seule goutte d'eau limoneuse.

Ce qui amène à dire que partout où l'on pourra établir trois bassins ayant ensemble une superficie de 40 hectares environ, il conviendra de ne construire qu'une seule prise d'eau de trois vannes pour le colmater.

Pour les canaux d'amenée, il convient de leur donner une pente d'environ $0^{m}.0005$, et même plus forte à la sortie des prises d'eau ; nous avons remarqué qu'il suffisait de vingt-quatre heures pour qu'un canal d'amenée, lorsque sa pente était trop faible, se comblât même en très-grande partie, ce qui constitue un inconvénient regrettable.

Une circonstance assez fâcheuse s'était d'abord manifestée à l'égard des prises d'eau, mais elle paraît se modifier.

Digitized by Google

Le radier des prises d'eau avait été établi au niveau de l'étiage de l'Isère, dont on croyait le lit arrivé à un équilibre permanent. Mais le plafond de cette rivière s'est creusé et ces radiers se sont trouvés tout à coup surélevés à un tel point qu'on a été obligé d'abaisser plusieurs d'entre eux.

Nous avons cru remarquer que cet abaissement du plafond de la rivière avait continué jusqu'en 1865, mais, cette dernière année, d'une manière presque insensible.

En 1866, l'Isère et l'Arc ont eu plusieurs crues; nous avons constaté notamment qu'à la suite de celle de l'Arc, du 25 septembre de ladite année, crue qui a occasionné de si grands ravages du côté de Saint-Michel et de Modane, le plan d'eau s'était très-sensiblement élevé; nous avons multiplié les observations depuis cette époque, et aujourd'hui nous n'hésitons pas à croire que le plafond de l'Isère s'est exhaussé de $0^m.30$.

Lors même que le plan d'eau serait resté dans les conditions où il se trouvait en 1865, il n'aurait pas été nécessaire de construire de nouvelles prises, sauf une, immédiatement en aval du pont du chemin de fer de Grenoble sur la rive droite, prise qui nécessiterait, comme celle qui a été établie sur la rive gauche, une dépense de 5.000^f. environ, y compris le canal d'amenée; on se serait contenté d'abaisser les radiers, et au lieu d'introduire les eaux par les prises affectées à certains bassins, on aurait emprunté une prise supérieure, comme cela a été fait pour les bassins n^{os} 15, 16 et 17 de Chamousset.

D'ailleurs, c'est le parti auquel on devra recourir, soit pour irriguer les parcelles qu'on voudra conserver en blachères ou roselières, soit pour arroser celles qui seront converties en prairies artificielles.

Nous avons en outre remarqué que, pour obtenir des atterrissements d'une épaisseur notable, par exemple supérieure à $0^m.40$, il était préférable d'agir graduellement, en suivant la marche des dépôts, d'autant mieux qu'on obtenait

Digitized by Google

bien plus vite le grand roseau qui active considérablement le dépouillement des eaux limoneuses, et par conséquent, que la plus forte charge d'eau à maintenir dans un bassin devait être de 1m.20.

C'est ainsi qu'on a opéré, excepté pour les bassins 15 et 16 de Chamousset, où l'on a surhaussé les déversoirs afin de couvrir de suite toute la superficie du bassin ; mais nous croyons qu'on sera obligé d'abaisser la retenue pour colmater sans crainte ; autrement il pourrait bien arriver que, pendant une nuit quelconque, soit par la malveillance, soit par le défaut de cohésion des remblais du bourrelet fraîchement exécutés, il se produisît une rupture, par laquelle les eaux s'épancheraient sur les terrains cultivables, où elles occasionneraient de très-graves désordres.

Nous produisons (Pl. 178, *fig.* 4) le dessin d'un déversoir élevé graduellement.

Par suite sans doute de la célérité qu'ils comptaient imprimer aux opérations, MM. les ingénieurs piémontais avaient omis de ménager une rivière secondaire pour recevoir soit les eaux des torrents et des ruisseaux, soit les eaux sortant des bassins, après y avoir effectué leurs dépôts.

Par exemple, sur la partie comprise entre le pont de Grésy et le grand barrage de Pau, la principale brassière, qu'empruntait constamment un des bras de l'Isère, se trouve au pied du coteau, et éloignée de plus d'un kilomètre du lit artificiel de cette rivière. Elle aurait pu être réduite de largeur et disposée de manière à créer une rivière secondaire de 10 mètres de largeur au plafond, tandis qu'on y a construit des déversoirs dans le but de l'atterrir en grande partie, et par là de diminuer les travaux de terrassements à faire pour l'encaisser.

Le plafond de cette brassière s'est exhaussé dans d'assez fortes proportions depuis 1861, et va continuer à s'élever tant qu'on colmatera ; même, sans colmatage systématique, il s'exhausserait toujours, par le seul fait des eaux troubles

Digitized by Google

qu'amènent les torrents des montagnes de la rive droite ; dès lors, le volume des eaux à débiter restant le même, il arrivera que, à un certain moment, les eaux qui parcourent cette brassière envahiront les berges et inonderont les terres cultivables de la vallée. Pour prévenir les réclamations et procès sans nombre qui en résulteraient, la création d'une rivière secondaire libre, dans cette partie, devient obligatoire.

Il doit en être de même pour toutes les autres parties.

Outre cette rivière secondaire, on devra forcément ouvrir encore, tout le long de l'Isère et des deux côtés, un canal de 3 mètres de largeur au plafond : la crête supérieure de ce canal, du côté de la digue, devra en être séparée par une banquette de 2 mètres de largeur au moins.

Ce canal existe déjà dans certaines parties.

FILTRATIONS.

Les filtrations qui s'opèrent dans les terrains cultivés, et pour lesquelles les communes de Saint-Pierre-d'Albigny, Saint-Jean-de-la-Porte, Cruet et Planaise, ne cessent de harceler l'administration des ponts et chaussées, ne proviennent en aucune façon du colmatage.

Nous avons dit précédemment que les rivières de l'Isère et de l'Arc étaient vagabondes avant leur encaissement, et qu'elles avaient parcouru leurs vallées dans tous les sens ; il s'ensuit naturellement que ces rivières, étant torrentielles, ont formé dans ces vallées, avec leurs fortes déclivités, un sol en nature de graviers et sable très-perméable, sol qui est devenu sous-sol, dans la plus grande partie, par les atterrissements qu'ont produits les crues. Le plafond de ces rivières, ainsi que les digues qui les bordent étant ainsi constitués, les filtrations ne peuvent manquer de se produire en plus ou en moins grande abondance, suivant que la nappe des eaux est elle-même plus ou moins élevée.

Digitized by Google

Comme nous l'avons dit aussi plus haut, les cultivateurs de la vallée, la plupart amodiataires de terrains communaux, ont envahi les terrains libres, aussitôt que l'Isère a été jetée dans le lit qu'on lui a créé, sans tenir compte ni de la couche de terre végétale, absente sur beaucoup de points, où le gravier était à nu, ni de la hauteur du sol par rapport au plan d'eau de l'Isère; naturellement dans les parties trop basses les eaux de filtration ont submergé les terrains, et elles ont, sinon détruit entièrement, du moins gravement endommagé les récoltes.

Dès lors, prétextant que ces fâcheux résultats étaient dus au colmatage, les riverains se sont opposés à cette opération, et ont même essayé de détruire les ouvrages établis dans cette vue.

Ayant reconnu, au bout de quelques années, que les mêmes circonstances se produisaient, que leurs *roselières* ne donnaient presque plus rien, et de plus que ce qu'ils pouvaient y récolter était de très-mauvaise qualité; qu'en outre le mauvais état sanitaire de la vallée, au lieu de diminuer, allait en augmentant, ils se sont décidés à réclamer le colmatage comme une obligation du gouvernement français, ainsi que le constatent plusieurs délibérations de ces communes.

Mais, en faisant cette demande, ils étaient persuadés que leurs terrains ne souffriraient pas davantage, et que les filtrations suivraient le même cours que depuis plusieurs années. C'était une illusion que l'expérience a dissipée.

Les brassières, qui étaient restées jusqu'alors dans le même état que lorsqu'elles étaient parcourues par les eaux de l'Isère avant l'endiguement, avaient leur plafond toujours en nature de gravier; ce plafond, beaucoup plus bas que le dessus des terrains qu'ils cultivaient, livrait naturellement passage aux eaux de filtrations et les débitait sans dommage sensible pour les riverains. Mais une fois que ces brassières ont été atterries ou ont reçu des dé-

Digitized by Google

pôts presque imperméables, sur une épaisseur de $0^m.20$ à 1 mètre, les eaux de filtrations ne pouvant plus s'y frayer une issue, devaient forcément refluer où elles pouvaient prendre jour, et inonder les terrains trop bas.

C'est ce qui est arrivé et qui arrivera toujours, quand bien même on ne colmaterait plus, si les propriétaires et les communes ne font pas certains petits travaux très-simples et qui consistent en ouverture de quelques canaux.

Tels sont les motifs pour lesquels ces communes harcellent par des réclamations sans nombre l'administration des ponts et chaussées, motifs qui n'ont rien de fondé, comme on le comprend sans peine.

Tous les terrains de la vallée se trouvant identiquement dans les mêmes conditions, nous nous contenterons de faire la description de ce qui existe dans la commune de Saint-Pierre-d'Albigny, description qui est très-rigoureusement applicable à toutes les autres communes.

COMMUNE DE SAINT-PIERRE-D'ALBIGNY.

La commune de Saint-Pierre-d'Albigny, avec le hameau de Pau, possède dans son territoire approximativement 90 hectares de terrain, qu'elle loue par division de 20 ares environ, en moyenne à raison de 1 franc par are et moins; bien entendu elle a consigné dans le cahier des charges que les amodiataires les cultiveront en bons pères de famille, qu'ils devront ouvrir tous les canaux nécessaires et purger ceux existants; mais elle a aussi stipulé cette réserve, qu'il n'y aurait aucune diminution dans les prix, pour un motif quelconque, les engageant même, lors de l'adjudication desdits terrains, à ne pas chercher à porter les enchères à un prix trop élevé eu égard à cette réserve.

Les amodiataires ont-ils fait quelque chose pour parer aux éventualités des eaux de filtrations?

Digitized by Google

Absolument rien jusqu'en 1866.

Au contraire, ils semblent avoir cherché de gaieté de cœur à les aggraver, en bouchant même les fossés existants le long des chemins de défruitement, pour entrer avec leurs voitures dans les parcelles.

Il existe un seul petit ruisseau, provenant de sources, qui enveloppe, sur sa plus grande longueur, les terrains communaux, et qui a en moyenne 1 mètre à 1^{m}.50 de largeur au plafond; on ne l'entretient pas; au contraire, on paralyse son débit en construisant de petits aqueducs avec des dimensions telles que certains locataires, qui les établissent à l'aval de leurs terrains, font submerger leurs propres récoltes; si ce ruisseau avait 2 mètres de largeur au plafond, respecté par les constructions et bien purgé, il diminuerait très-notablement le volume des eaux de filtrations.

Comme nous parcourons journellement ces terrains, il nous est arrivé très-souvent d'en parler aux amodiataires, en leur conseillant d'ouvrir des canaux, principalement le long des chemins et dans les divisions des parcelles.

La même réponse ne s'est jamais fait attendre.

« Je vois bien, dit chacun d'eux, que mon terrain souffre d'une trop grande humidité par suite des eaux de filtrations qui nuisent énormément aux récoltes; je sais bien que si l'on ouvrait de petits canaux, ils procureraient une très-grande amélioration; je ferais volontiers cet ouvrage de très-peu d'importance, mais si mon voisin ne fait rien, mon travail sera en pure perte.

« Dès lors, il aurait fallu que l'administration communale, avant de louer lesdits terrains, eût fait exécuter lesdits travaux, et qu'elle obligeât les locataires à les entretenir en très-bon état. »

C'est là, en effet, le seul remède aux embarras de la situation.

Qu'arrive-t-il lorsque les terrains souffrent ou sont submergés?

Digitized by Google

Les petits fermiers, ayant peu ou point récolté, ne peuvent payer ou payent très-difficilement les prix de leurs locations ; ils réclament des réductions de prix, se fondant sur ce que les parcelles qu'ils ont louées n'ont rien produit à cause des eaux de filtrations. La commune, à son tour, s'empare de ces plaintes et prétend que les terrains communaux sont inondés par les eaux de filtrations des bassins.

Auprès des terrains communaux de Saint-Pierre-d'Albigny, l'État possède un terrain d'une superficie de 6h.20, que l'administration des domaines avait loué jusqu'au 21 décembre 1866, pour le prix total de 195 francs, aux mêmes cultivateurs qui exploitent les terrains communaux, ce qui portait le prix de location annuelle par are à 0f.32 en moyenne. L'administration des ponts et chaussées, voulant établir une pépinière, a pris 2 hectares de ce terrain, que nous avons fait diviser en douze lots ; chacun de ces lots a été enveloppé entièrement de canaux correspondant à un canal collecteur de 3 mètres de largeur au plafond, tant pour assainir convenablement le terrain et séparer les essences des jeunes arbres, que pour obtenir les remblais qui étaient nécessaires au comblement d'une ancienne brassière assez profonde qui traversait ledit terrain.

Les travaux d'ouverture de canaux et du nivellement parfait du terrain et de la brassière ont coûté 1 100 francs, soit 550 francs par hectare, soit 5f.50 par are.

En basant le prix du terrain sur le revenu de 0f.32 qu'il donnait, et à raison de 5 p. 100, il était, par conséquent, censé avoir une valeur de 6f.40 par are ; en y ajoutant ce qu'ont coûté les travaux, soit 5f.50, nous trouvons pour la valeur réelle de l'are 11f.90, soit 12 francs.

Eh bien ! de ce même terrain, ainsi aménagé, les mêmes fermiers qui l'exploitaient antérieurement offraient, pour prix de location par are, 2 francs, ce qui porte sa valeur vraie à 40 fr. par are, soit 4.000 fr. par hectare. Ce dernier prix est l'expression de la vérité, parce que la couche de

Digitized by Google

terre végétale, de $0^{m}.40$ à 1 mètre, qui recouvre la couche de graviers provenant d'excellents limons, est de très-bonne qualité, et que sa surface supérieure dépasse d'au moins $0^{m}.80$ le niveau des eaux de filtrations.

Si la commune de Saint-Pierre-d'Albigny, qui possède environ 70 hectares, comme les 2 hectares dont nous venons de parler, faisait exécuter des travaux dans les mêmes conditions, ce qui pourrait lui occasionner une dépense de $1^{f}.70$ par are, soit de 12 000 francs pour les 70 hectares, elle élèverait de plus de moitié le produit de ses revenus, tout en assurant à ses fermiers des récoltes certaines et de la plus grande abondance.

Ce qui confirme encore cette opinion, c'est que des locataires, témoins de ce que nous venions de faire exécuter, se sont mis à creuser de petits canaux dans un terrain joignant la pépinière et sur une superficie à peu près égale; bien que ces canaux fussent exécutés sur une échelle bien moins grande, les récoltes sur ce terrain sont superbes, et peut-être les plus belles de toute la vallée.

Ainsi donc, comme nous venons de le prouver, si les terrains de la commune sont trop humides, c'est qu'elle veut bien les conserver à cet état.

Par conséquent, l'administration des ponts et chaussées ne doit tenir aucun compte de ces réclamations sur les prétendues filtrations des bassins.

Les eaux de filtrations n'ayant cessé de la préoccuper, l'administration a institué une expérience convaincante et de longue durée; nous allons la donner exactement, telle que nous l'avons faite durant les campagnes de 1865 et 1866, en mentionnant les trois objets qu'elle avait en vue.

Le premier consistait à se rendre compte des eaux de filtrations qui se détachent du lit artificiel de l'Isère et qui parcourent le sous-sol de la vallée, composé de gravier et de sable.

Le deuxième devait servir à connaître le degré d'imper-

Digitized by Google

méabilité des dépôts provenant des limons des eaux employées pour les atterrissements.

Le troisième était appelé à faire apprécier la grande richesse de ces dépôts par les récoltes qu'ils peuvent fournir.

Pour obtenir que toutes ces conditions fussent bien remplies, nous avons choisi un petit emplacement de 16 mètres de côté environ, éloigné de plus de 100 mètres de la rivière de l'Isère, qui n'avait pas été submergé depuis l'inondation de 1859, et où des aulnes étaient en pleine vigueur ; nous l'avons fait défricher, en l'enveloppant d'un fossé sans issue d'entrée ni de sortie, et dont le plafond attaquait la couche de gravier et sable du sous-sol. Ce terrain avait à sa gauche une brassière atterrie sur environ $0^m.20$ d'épaisseur, mais nonobstant d'un niveau très-inférieur au sien, et à sa droite un canal de colmatage dont l'eau atteignait à peu près le niveau supérieur de ce terrain, et par conséquent s'élevait à 1 mètre au moins en contre-haut du plafond de ce fossé; ce canal était séparé dudit fossé par un petit bourrelet qui n'avait pas plus de $0^m.33$ de largeur sur un point.

Nous avons d'abord agi sans introduire des eaux de l'Isère dans le bassin où se faisait cette expérience.

Nous avons constaté, malgré cela, qu'à mesure que le plan d'eau de l'Isère baissait ou haussait, le plan d'eau qui se produisait par filtrations dans le fossé s'élevait ou diminuait proportionnellement de zéro jusqu'à $0^m.80$ de hauteur.

Nous avons ensuite introduit abondamment l'eau dans le canal de colmatage qui se trouvait à droite.

Rien de changé dans le régime des eaux du fossé, s'élevant ou s'abaissant toujours, suivant que le plan d'eau de l'Isère baissait ou s'élevait lui-même.

Enfin nous avons fait introduire à la fois beaucoup d'eau et dans le canal de colmatage de droite et dans la bras-

Digitized by Google

sière qui existe à gauche, sans que l'on ait pu constater aucune modification dans le régime des eaux du fossé.

Cette expérience très-concluante démontre que les eaux de filtrations qui submergent les parties basses de la vallée, en empruntant son sous-sol en nature de gravier et sable, viennent de l'Isère et non des bassins, aussitôt que la couche des dépôts a atteint une épaisseur de $0^m.15$ au plus.

Pendant que nous faisions ces expériences, nous avons fait planter et semer dans l'emplacement dont il est question, asperges, artichauts, melons, tomates; choux-fleurs, pommes de terre, haricots, pois, quelques pieds de vigne, petits arbres fruitiers, rosiers greffés, fleurs de plusieurs espèces, et en particulier de la mélisse royale, ayant atteint une hauteur peu commune; toutes ces plantes si diverses ont mûri et prospéré d'une manière surprenante.

Les améliorations des terrains n'étaient pas les seules qui devaient être obtenues; le mauvais état sanitaire devait aussi s'améliorer dans des proportions non moins grandes.

Ainsi, en 1860, les deux pharmaciens de cette localité ont vendu du quinquina et du sulfate de quinine pour une somme ensemble de 4 500 francs à 5 000 francs.

En 1862 cette vente a beaucoup baissé.

En 1863 elle a encore sensiblement diminué.

En 1864 et 1865 elle a baissé davantage, au point qu'à la fin de 1866 elle n'a plus atteint qu'un chiffre inférieur à 400 francs.

Nous avons remarqué que, pour obtenir un état sanitaire dans les meilleures conditions possibles, il fallait, lors des chaleurs, et principalement pendant le mois d'août, entretenir constamment des eaux courantes dans les parties marécageuses et en éviter la stagnation.

Ainsi, sous le rapport de l'état sanitaire, le colmatage des brassières est de nécessité forcée, parce que les eaux qu'on peut utiliser à cet effet ne proviennent que des rivières de

Digitized by Google

l'Isère et de l'Arc, qui ne sont fortes que pendant les mois de chaleur et chargées de limons, et si l'on ne colmatait plus, ou si l'on colmatait peu, les fièvres paludéennes, qui ont tant fait de ravages dans cette vallée, redeviendraient ce qu'elles ont été et porteraient une atteinte intolérable à la santé publique.

VENTE DES RÉCOLTES DES ROSELIÈRES.

Nous avons fourni ci-dessus, en poids et non en argent, le produit des récoltes provenant des blachères ou roselières des terrains domaniaux pour chiffrer les améliorations obtenues. Ce mode de calcul nous a été imposé par les considérations suivantes :

On a vu plus haut qu'en 1861 les domaniaux avaient fourni une récolte en roseaux ou blaches, d'un poids de 900 000 kilogrammes environ. Cette récolte, sans être de bonne qualité, a été vendue aux enchères publiques par les soins de l'administration des domaines et par division de lots, un lot comprenant un ou plusieurs bassins ; le montant de cette vente s'est élevé environ à 11 000 francs.

Les années suivantes, les ventes ont produit davantage, suivant le plus grand volume de roseaux et leur meilleure qualité, au point que les roselières ou blachères ont produit en 1865 environ 18 000 francs, et encore plusieurs lots n'ayant pas trouvé d'acheteur, leurs récoltes sont restées sur pied.

Mais en 1866, bien que les roselières renfermassent des récoltes d'un poids de 2 400 000 kilogrammes de bonne qualité, leur vente n'a pas atteint un chiffre plus élevé que celui de la vente de 1862.

Ce résultat tient particulièrement à la multiplicité des lots qu'on a établis, dans la pensée qu'en divisant ainsi les bassins, les petites bourses pourraient plus facilement intervenir et faire monter la vente.

Digitized by Google

Au lieu de cela, qu'est-il arrivé?

La concurrence, loin d'être encouragée, a été paralysée entièrement.

Les cultivateurs d'une même commune ne se sont pas contentés de s'entendre entre eux; chaque commune s'est entendue avec les deux autres qui la joignaient. Après s'être arrangés au préalable sur la répartition des lots à leur convenance, les acquéreurs ont délégué, pour se présenter aux ventes, un, deux, trois, quatre d'entre eux, chargés de mettre à prix pour tous les lots d'une même commune.

Ayant voulu nous rendre compte du prix de revient de ces récoltes sur pied, nous avons reconnu que des cultivateurs les avaient payées, quoique elles fussent de très-bonne qualité, à raison de 0f.20 *par* 100 *kilogrammes.*

Sur certains lots, le prix a encore été moindre. Un lot, qui n'avait pas trouvé d'amateur aux enchères, a été soumissionné ensuite pour 15 francs de plus qu'il n'était estimé; malgré cela, le prix de sa récolte sur pied n'est revenu qu'à 0f.15 *par* 100 *kilogrammes*, et encore l'acquéreur en a laissé une bonne partie sur pied, ne voulant pas se mouiller pour tout prendre.

22 petits lots, dans les mêmes conditions que ceux qui ont été vendus, sont encore restés sur pied; des cultivateurs sont même allés, pour les acheter, jusqu'à demander qu'on leur garantît que le prix de la récolte ne leur reviendrait pas à plus de 0f.20 par 100 kilogrammes.

De pareilles preuves attestent surabondamment que les roselières des domaniaux fournissent des récoltes bien plus considérables que celles qui sont nécessaires pour les besoins de la vallée, surtout si l'on considère que les roselières appartenant tant aux particuliers qu'aux communes, et comprises dans les bassins de colmatage, sont déjà améliorées dans les mêmes proportions que celles des terrains domaniaux.

Digitized by Google

Pour prévenir cette entente, si funeste aux intérêts de l'État, nous pensons qu'il faudrait, au lieu de 218 lots, en faire seulement trois, parce qu'au moins les personnes qui achèteraient les récoltes de ces grands lots en feraient l'objet d'une spéculation qui engendrerait forcément la concurrence.

Au besoin on pourrait ne faire qu'un seul lot, ou mieux louer les récoltes de tous ces terrains à une seule personne ou à une société qui, tout en faisant de bonnes affaires, procurerait un revenu annuel d'au moins 30 000 francs à l'État, surtout si cette location était garantie jusqu'à ce que les domaniaux pussent être vendus.

VENTE DES DOMANIAUX.

Pour la vente des domaniaux, lorsqu'on voudra l'effectuer, il ne faudra pas se hasarder à procéder par parties morcelées ; car outre qu'on retomberait dans les mêmes ententes que celles qui ont lieu pour les ventes des récoltes, plus des deux tiers de la superficie resteraient très-longtemps avant d'être vendus, et encore, quand on les vendrait, ce serait à des conditions très-désavantageuses et en commençant par les parcelles les meilleures et les mieux situées.

Ici encore, le meilleur parti à prendre semble être de vendre en bloc les domaniaux à une société, qui ne manquerait pas de créer des fermes sur ces terrains, eu égard à leur position exceptionnelle par rapport aux voies de communication qui les longent, routes impériales et chemins de fer. Ces fermes, tout en amenant le bien-être dans le pays, y prospéreraient certainement, eu égard à la richesse de ces terrains, recouverts d'excellents dépôts, que l'on peut convertir en terres cultivables, ou dont on peut conserver une partie à l'état de roselières ou de prairies artificielles faciles à irriguer par les prises d'eau qui existent, sans dépense en nouvelles constructions.

Digitized by Google

Ce système de création de fermes a déjà fait ses preuves. Un propriétaire de la rive gauche de l'Isère, dans la commune de Gilly, a transformé ses terrains au moyen d'atterrissements par voie de colmatage, et y a en outre établi des constructions importantes. Aujourd'hui il possède un domaine florissant, qui donne un bénéfice de plus de cent pour cent.

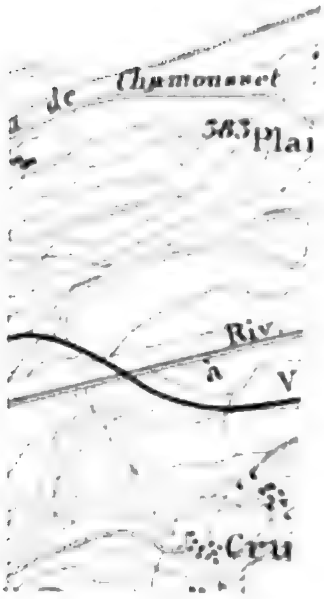
Le personnel secondaire employé aux travaux de colmatage et à la surveillance des domaniaux était composé d'un conducteur, de deux agents secondaires et de six gardes cantonniers.

En résumé, d'après les expériences que nous avons poursuivies pendant cinq ans sur les résultats obtenus, au milieu des plus grandes entraves, nous nous croyons autorisé à prétendre qu'un terrain qui serait colmaté avec des eaux seulement aussi riches en limons que celles charriées par les rivières de l'Isère et de l'Arc, gagnerait au moins deux cents pour cent, et dans un laps de temps qui n'excéderait pas dix ans.

Toutefois, pour qu'une pareille entreprise réussisse, il faut la mettre de suite à l'abri de ces mille et une difficultés qui entravent les atterrissements de la vallée de l'Isère. Pour cela, le meilleur système à suivre semble être de recourir à une association syndicale qui préviendrait les contestations, ou du moins trancherait celles qu'elle n'aurait pu empêcher de naître.

Digitized by Google

DE L'IS



N° 208

NOTE RECTIFICATIVE

sur les observations pluviométriques de Château-Chinon (Nièvre).

Par M. E. Belgrand, inspecteur général,
et M. G. Lemoine, ingénieur ordinaire.

Il existe dans le Morvan deux localités rapprochées, Château-Chinon et les Settons, dont les observations pluviométriques, telles qu'elles ont été publiées jusqu'ici, présentaient entre elles une différence tout à fait extraordinaire. D'après les résultats résumés par l'un de nous (*Annales des Ponts et Chaussées*, 1865, 2e semestre, pages 32, 39 et 44) et rappelés dans un travail plus récent sur les grandes crues de 1866 (*Annales des Ponts et Chaussées*, septembre 1868, pages 267, 272 et 277), on aurait, en effet, pour moyenne annuelle de la hauteur de pluie :

	mill.	
Aux Settons	1.570	(moyenne de 1858-64).
A Château-Chinon.	423	(moyenne de 1858-64).

L'examen récent du pluviomètre de Château-Chinon nous a convaincus que les nombres donnés jusqu'ici pour cette station sont absolument erronés. Au lieu d'exprimer la quantité de pluie en millimètres, l'observateur la donnait en fractions du volume d'eau recueillie : les deux nombres sont dans le rapport de 4 à 10. La moyenne annuelle des hauteurs de pluie tombée à Château-Chinon de 1858 à 1864 (*Annales des Ponts et Chaussées*, 1865, 1er semestre, page 32) est, non pas 425 millimètres, mais 1073 millimètres.

De même, le total des pluies torrentielles tombées dans les journées des 22, 23 et 24 septembre 1866 s'élève, non pas à 56 millimètres (*Annales des Ponts et Chaussées*, septembre 1868, page 267), mais à 140 millimètres. La moyenne annuelle de pluie indiquée pour 1861-65 est de 947 millimètres au lieu de 378 millimètres.

Pour compléter cette rectification, nous donnons ci-dessous les

Digitized by Google

quantités de pluie réelles tombées à Château-Chinon depuis le commencement des observations :

	millim.
1858. (Depuis le 1er juillet jusqu'au 31 décembre)	454 ??
1859. Année entière	1 202 ?
1860. —	1.596
1861. —	811
1862. —	1.045
1863. —	1.058
1864. —	807
1865. —	1.046
1866. —	1 609
1867. —	1.163

Les corrections précédentes font disparaître l'une des anomalies les plus extraordinaires que l'on pouvait invoquer jusqu'ici en faveur des variations que la quantité de pluie peut subir entre deux localités très-rapprochées : le minimum si prononcé que semblait présenter Château-Chinon n'existe pas. Néanmoins, on doit toujours être frappé de la différence qui existe encore entre les quantités de pluie tombées à Château-Chinon et aux Settons. On a, en effet (*Annales des Ponts et Chaussées*, 1865, 2e semestre, page 32), d'après la moyenne des observations faites jusqu'en 1864.

	millim.
A Château-Chinon	1.073
Aux Settons	1.570
A Saulieu	993

Château-Chinon se présente donc maintenant comme ayant autant de pluie que Saulieu, situé de l'autre côté du Morvan, mais les Settons reçoivent près de moitié en plus que ces deux stations. Pendant les grandes pluies torrentielles, la différence relative semble considérablement diminuée ainsi que nous le faisions remarquer dans notre dernier mémoire, quoiqu'en raisonnant sur des nombres absolus différents. Nous espérons que de nouvelles observations, en quelques autres points du Morvan, jetteront quelque lumière sur ces faits remarquables.

La rectification que nous publions aujourd'hui n'est pas seulement un devoir personnel, l'aveu d'une erreur ; elle pourra appeler l'attention des ingénieurs sur un détail qui a son importance : c'est que les échelles des pluviomètres livrés par l'école des ponts et chaussées expriment souvent non des millimètres de hauteur de pluie, mais des centilitres d'eau recueillie. Cette indication est toujours inscrite sur l'instrument lui-même, mais si l'observateur, ou ceux qui le dirigent, négligent cette remarque et ne font pas la réduction nécessaire, il peut en résulter des erreurs qui se perpétuent indéfiniment.

Digitized by Google

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES.

CHRONIQUE.

Décembre 1868.

SOMMAIRE. — Barrages de la Seine et de l'Yonne. — Réclamation. — Transformation de la basse Loire. — Pont sur l'Alleghany. — Pont suspendu de Cornwall. — Extrait d'une Leçon de M. Agassiz à l'Université de Cambridge (États-Unis). — Bulletin bibliographique.

Barrages de la Seine et de l'Yonne.—Nous recevons de M. Cambuzat la note suivante que nous nous empressons de publier.

« Les lecteurs des *Annales* savent qu'on a établi sur la Seine et sur l'Yonne des barrages mobiles à hausses du système Chanoine, dans le but de substituer en tout temps entre Paris et l'embouchure du canal de Bourgogne (à Laroche) une navigation continue à la navigation intermittente qui a lieu pendant huit à neuf mois de l'année au moyen des éclusées de la rivière d'Yonne. Les douze barrages de la Seine entre Paris et Montereau ont été relevés dans les premiers jours du mois de juin dernier, et les dix-sept barrages de l'Yonne entre Montereau et Laroche ont été relevés dans les premiers jours du mois de septembre.

L'essai en grand du nouveau système de barrages à hausses appliqué à un parcours de 190 kilomètres, a eu lieu pendant les deux mois de septembre et d'octobre, et l'on a pu ainsi reconnaître d'une manière certaine et pratique le complément dont il est susceptible pour rendre les services qu'on est en droit d'en attendre.

Jusqu'à ce que les fonds du trésor aient permis d'exécuter les travaux qui ont été approuvés et déclarés d'utilité publique par un décret du 11 juillet 1868, pour améliorer la navigation de l'Yonne entre l'embouchure du canal de Bourgogne et l'embouchure du canal du Nivernais, c'est-à-dire entre Laroche et Auxerre, les éclusées continueront sur la partie haute de l'Yonne, et le flot qu'elles produisent deux fois par semaine rendra difficile le fonctionnement régulier des hausses automobiles des déversoirs. En

Digitized by Google

effet, ces hausses se mettent aisément en bascule pour une élévation d'eau de $0^m,12$ à $0^m,15$ au-dessus de leur sommet; mais elles ne se relèvent spontanément qu'après un abaissement considérable dans l'eau d'amont, ce qui affame le bief supérieur et gêne la marche des embarcations. Pour remédier à cet inconvénient on a imaginé divers systèmes, notamment celui d'enchaîner avec des chaînes un certain nombre de hausses des déversoirs; ce système a été appliqué à huit des douze barrages de la Seine; il n'était pas encore appliqué aux barrages de l'Yonne, quand une petite crue de l'Armançon (affluent de l'Yonne) est venue, le 21 octobre dernier, mettre en bascule les hausses de tous les déversoirs entre Laroche et Paris, sans que les éclusiers aient pu relever ces hausses à temps. Ce fait général, joint aux faits partiels qui s'étaient produits à diverses éclusées, démontre l'insuffisance des moyens tentés pour assurer le fonctionnement régulier, de nuit comme de jour, des déversoirs des barrages à hausses du système Chanoine.

Les ingénieurs ont proposé, et le conseil général des ponts et chaussées vient d'adopter, l'établissement d'une passerelle de manœuvre qui sera placée en amont de chaque déversoir, et rendra facile en tout temps, de nuit comme de jour, le relèvement et l'abaissement partiel ou total d'un nombre quelconque de hausses du déversoir, et cela sans aucun danger pour les hommes; les fermettes qui supporteront chaque passerelle seront mobiles et abattues pendant les hautes eaux.

Le régime de la navigation par éclusées est donc rétabli sur l'Yonne et sur la Seine depuis le commencement du mois de novembre et sera continué jusqu'à ce qu'on ait placé les passerelles de manœuvres qui compléteront d'une manière satisfaisante le système de navigation continue avec les barrages à hausses. On profitera du retard forcé qui aura lieu dans le relèvement des barrages de Paris à Laroche pour consolider les perrés des sas de quelques écluses de l'Yonne et de la Seine, et pour abaisser le busc d'aval de l'écluse et le seuil de la passe du barrage du Port-à-l'Anglais.

Quand ce dernier barrage a été projeté et exécuté, il était question d'établir un barrage sur le grand bras de la Seine dans Paris, le petit bras étant fermé par le barrage de la monnaie. Depuis cette époque on a fait des dragages dans Paris, on a augmenté le débouché des ponts, et l'on a ainsi abaissé notablement le niveau de l'eau, ce qui explique la trop grande élévation actuelle du busc de l'écluse et du seuil du barrage du Port-à-l'Anglais.

Digitized by Google

Réclamation. — Nous avons reçu de M. Eugène Flachat une lettre que nous résumons :

Dans le mémoire n° 126, inséré aux *Annales des Ponts et Chaussées* de 1866, la stabilité du pont d'Asnières a été appréciée d'après les calculs rapportés par MM. Molinos et Pronnier dans leur ouvrage sur la construction des ponts métalliques. Les moments de rupture sur chaque pile ont été déterminés en supposant les deux travées voisines surchargées, et il est facile d'établir qu'entre les résultats de cette méthode et ceux de la méthode développée au mémoire précité, la différence maxima est inférieure à 4 p. 100. En fait, les poutres du pont d'Asnières sont capables, sur la 2e pile, d'un moment de rupture de 470 000 kilogrammes, au lieu de 405 000 kilogrammes, et la solidarité établie entre les poutres principales, fait, comme cela a été démontré aux épreuves, que, dans les conditions les plus défavorables, les fers du pont d'Asnières travaillent à raison de 6 kilogrammes par millimètre carré.

Transformation de la basse Loire. — La chambre de commerce de Nantes a fait étudier par M. l'ingénieur Carlier un projet de canal maritime de Nantes à Saint-Nazaire qui est soumis à l'examen de l'administration supérieure. M. Lechalas, ingénieur en chef des ponts et chaussées, vient de publier une brochure ayant pour titre : *Transformation de la basse Loire et du port de Nantes* (2e édition, 1868) ; brochure qui deviendra l'un des éléments de la discussion.

L'étendue du travail de M. Lechalas ne permettant pas d'en faire ici l'analyse détaillée, on se bornera à en reproduire le résumé :

« Les moyens proposés, dit l'auteur, pour transformer la basse « Loire, se résument comme suit :

« 1° Réduction du lit à un bras unique, et suppression de toutes « les entraves à la propagation du flot ;

« 2° Abaissement de l'étiage.

« Bien que ce ne soit pas une condition indispensable du succès, « il serait utile qu'on opérât la fixation des berges de la Loire flu- « viale et de l'Allier, pour tarir la source des sables voyageurs. « On peut atteindre le but sans cela ; mais cette opération, relati- « vement peu coûteuse, aurait l'immense avantage de rallier tous « les esprits à une solution dont personne ne contesterait plus la « supériorité. »

Pont sur l'Alleghany. — Le pont de fer, entrepris par la compagnie des chemins de fer de Pittsburgh, Fort Wayne et Chicago sur la rivière Alleghany, vient d'être achevé.

Digitized by Google

Le pont construit de 1854 à 1857, présentait des défauts d'exécution et, dès l'année 1863 on reconnut la nécessité de sa reconstruction.

La position particulière de la gare des chargements à Pittsburgh obligeait à pousser jusque sur le pont un certain nombre de voies de garage : à cet effet, le pont s'élargit graduellement. A sa partie la plus étroite, près de l'arche centrale, le tablier principal a 55 pieds de large, et près de la rive, il en a 138.

Pour donner à l'ouvrage plus de symétrie, on a également évasé l'autre extrémité du pont. Les parties ainsi évasées du tablier sont supportées par de forts piliers en tôle, assemblés par des fers d'angle.

Les deux arches de l'ouest du pont sont formées de poutres en tôle de 89 pieds de long sur 6 pieds 6 pouces de hauteur qui supportent la double voie du chemin de fer. Les deux arches de l'est sont formées de poutres dont les longueurs varient de 86 à 93 pieds, mais dont la hauteur est toujours de 6 pieds 1 pouce.

Les cinq grandes arches de la partie principale du pont de l'Alleghany sont construites pour deux voies, avec trottoir latéral extérieur. Chaque arche se compose de trois poutres principales. La longueur moyenne des poutres est de 153 pieds et demi entre le nu des piles, sur lesquelles elles s'appuient sur une longueur de 5 pieds.

La hauteur des poutres est de 19 pieds. L'espace entre les poutres extérieures et la poutre intermédiaire est de 14 pieds, excepté à la partie sud de l'arche principale où il s'élargit de 14 pieds à 32.

La section transversale des poutres présente la forme d'un double T. La plate-bande supérieure et la plate-bande inférieure sont réunies par un treillis vertical.

La plate-bande supérieure est formée par 4 lames de tôle réunies à plat et formant au milieu de la poutre une plaque de 2 pouces 3/4 d'épaisseur et de 24 pouces de largeur. La section diminue graduellement en s'approchant des extrémités et se réduit, à l'aplomb des piles, aux 2/3 de sa plus grande valeur.

La plate-bande inférieure est formée de 3 lames de tôle réunies à plat et formant ensemble une plaque ayant au milieu de la largeur 2 pouces 1/4 d'épaisseur et 27 pouces de largeur.

Ces deux plates-bandes sont consolidées au milieu de leur largeur par une lame verticale de 12 pouces de hauteur sur 1/2 pouce d'épaisseur fixée par un fer d'angle de 5 pouces sur 3 1/2 et de 7/8 à

Digitized by Google

1/2 pouce d'épaisseur. Un second fer d'angle semblable sert à réunir le treillis aux plates-bandes.

Le treillis vertical est formé de lames de 6 pouces de largeur inclinées à 48 degrés.

La distance de centre en centre des points d'intersection des lames dans le sens de leur longueur est de 2 pieds 1 pouce. L'épaisseur des lames est de 1/4 de pouce aux extrémités et de 5/8 au milieu de la largeur de la poutre.

Le treillis est contreventé de 8 en 8 pieds environ par deux fers d'angle verticaux placés en regard l'un de l'autre sur chaque face.

La poutre centrale a une section supérieure de 1/3 à celle des poutres de rive.

Les poutres sont réunies à leur partie supérieure et à leur partie inférieure par des tirants disposés en diagonale.

Les rails en acier sont posés sur des traverses en chêne blanc, espacées de 2 en 2 pieds d'axe en axe.

Le poids du fer employé dans les arches de rive se décompose de la manière suivante:

	Pounds.
Plaques de fer	540 900
Fer en barre	69 800
T et angles de fer	142 600
Rivets	45 400
Plaques de fondation en fonte	49 300
Total	848 000

Les poutres des cinq arches principales contiennent :

	Pounds.
Plaques de fer	1 190 600
Fer en barre	592 100
Fers à T et fer d'angle	718 600
Rivets	133 000
Plaques de fondation en fonte	73 700
Total	2 708 000

La dépense totale de ce pont, comprenant la maçonnerie et les dépenses accidentelles, a été de 530 000 dollars, dont 435 000 dollars pour les parties métalliques.

Tous les fers ont été fournis par MM. John et Laughlin.

Ce pont à treillis, à nervures verticales, est le seul de ce système qui existe aux États-Unis. (*Journal of the Franklin Institute.*)

Le pont suspendu de Cornwall. — Un acte, voté le 17 avril dernier, par l'assemblée de New-York, autorise l'exécution du pont

Digitized by Google

suspendu de Cornwall sur l'Hudson et l'établissement de 10 milles de chemin de fer destiné à relier les districts à charbon de la Pensylvanie avec la Nouvelle-Angleterre et les États de l'ouest. Ces lignes profiteront de tout le trafic d'anthracite des mines de Wyoming, Middle et Schuylkill en évitant un transport de 100 milles par eau.

Le pont projeté sera construit pour une seule voie et formé d'une travée suspendue de 548^m.60 placée à 45^m.70 au-dessus du niveau de l'eau.

A l'endroit choisi pour l'établissement du pont, la rivière Hudson se rétrécit et présente une profondeur de 35^m.60. Une des piles sera fondée sous 9^m.10 d'eau et s'appuiera sur un fond granitique, l'autre sera établie sur la rive.

La dépense est évaluée à 10 millions de francs.

Extrait d'une leçon de M. Agassiz *à l'Université de Cambridge* (États-Unis). — M. Cheysson nous communique la note suivante :

Une des questions scientifiques les plus controversées aujourd'hui est assurément celle de l'origine et de la succession des espèces. Le livre de Darwin a soulevé de vives contradictions; toutefois les idées qu'il soutient semblent gagner du terrain, et la docrine de « l'évolution » vient d'obtenir un représentant attitré et convaincu dans l'enseignement officiel par suite de la nomination de M. A. Gaudry à la chaire de paléontologie, récemment créée à la Sorbonne. Eu égard à l'actualité de cette question, nous avons pensé que les lecteurs des *Annales* nous sauraient gré de mettre sous leurs yeux l'opinion d'un juge aussi compétent en ces matières que l'est M. Agassiz et ses conclusions hautement spiritualistes, qui font un heureux contraste avec les conclusions tout opposées qu'une fausse métaphysique se croit, à tort, autorisée à tirer des progrès de la science. Cette citation est presque textuellement empruntée à la *Revue des cours scientifiques* (numéro du 21 novembre 1868), où l'on pourra trouver le développement des déductions du savant professeur, notre extrait n'ayant d'autre but que de rapprocher, sans souci des transitions ni des preuves, les différentes affirmations auxquelles M. Agassiz a été conduit :

« On peut regarder comme un fait général, de nature à être établi de plus en plus solidement, à mesure que les recherches embrasseront un plus vaste terrain, que les phases du développement *embryogénique* correspondent chez tous les animaux vivants à l'ordre de succession des êtres qui furent leurs représentants

Digitized by Google

aux époques géologiques écoulées. Aussi loin qu'on aille, les éléments primitifs de chaque classe peuvent être regardés comme les types embryonnaires de leurs familles ou de leurs ordres respectifs existant de nos jours.

« On peut considérer les animaux divers d'une période antérieure comme manifestant pour ainsi dire le modèle sur lequel seront établies les phases de l'évolution d'autres animaux à une époque ultérieure. C'est dans ces temps reculés comme la prophétie d'un ordre de choses qui était impossible avec les combinaisons zoologiques prédominantes alors, mais qui, réalisé plus tard, attestera d'une manière frappante que, dans la gradation des animaux, chaque terme a été préconçu.

« Presque dans chaque classe, il y a, parmi les animaux des temps anciens, des familles entières qui, arrivées à un parfait développement, rendent bien patente cette relation prophétique. Elles fournissent ainsi, dans les limites du règne animal, la preuve que le plan de la création tout entier a été mûrement délibéré et arrêté longtemps avant d'être mis à exécution. C'est là ce que l'on peut appeler, à bon droit, *types prophétiques*.

« Ces rapports entre les animaux des âges anciens et ceux des périodes postérieures ou même de l'époque actuelle font ressortir, plus que tout autre grand trait du monde animal, le lien intellectuel qui rattache tous les êtres vivants, à travers tous les âges, à un seul grand système étroitement enchaîné du commencement jusqu'à la fin.

« Rien ne frappe comme la ressemblance des jeunes des animaux supérieurs avec les adultes des animaux inférieurs. Aussi certains auteurs ont-ils admis, d'après une connaissance incomplète des faits, que tous les animaux d'un type plus élevé passent, durant les premiers temps de leur développement, par des phases dont chacune correspond à la forme définitive du type moins élevé. Les animaux ne forment pas une série simple, comme cela devrait résulter d'un développement graduel et successif; mais, dans certaines limites, la gradation naturelle, qu'on peut tracer parmi les différents types du règne animal, correspond aux changements qu'ils subissent avant d'arriver à l'âge adulte. Dans tout le règne animal, il existe la plus étroite corrélation entre la gradation des types et les changements embryonnaires subis par leurs représentants.

« Des coïncidences curieuses tendent à prouver que la distribution géographique des animaux est en rapport direct avec le rang qu'ils occupent dans leurs classes respectives, avec leur ordre de

succession dans les âges passés, et aussi (bien que d'une façon moins immédiate) avec leur évolution embryonnaire.

« Presque toutes les classes possèdent des familles tropicales, et celles-ci ont généralement dans la classe un rang très élevé ; quand, au contraire, elles sont situées à un niveau évidemment inférieur, il y a quelque rapport saillant entre elles et les types qui ont prévalu dans le passé. Un autre rapport intéressant à signaler entre la distribution géographique des animaux et leurs représentants aux âges antérieurs, c'est l'absence de types embryonnaires dans les régions chaudes. La zone torride ne possède aucun vrai représentant des périodes géologiques primitives.

« Quelques faits prouvent que, dans le monde physique, l'ordre a été établi suivant les mêmes lois que celles qui régissent les êtres organisés. Ainsi, Pierce a découvert une grande analogie entre les rapports des nombres qui expriment l'arrangement des feuilles, (série phyllotaxique), et ceux qui correspondent aux durées des révolutions sidérales des planètes de notre système solaire.

« On sait que cette série phyllotaxique se compose des fractions ci-après, qui sont toutes comprises entre 0.33 et 0.50, et dont chacune, à partir de la troisième, a ses termes formés par l'addition des numérateurs et des dénominateurs des deux fractions qui la précèdent :

$$\frac{1}{2},\ \frac{1}{3},\ \frac{2}{5},\ \frac{3}{8},\ \frac{5}{13},\ \frac{8}{21},\ \frac{13}{34},\ \frac{21}{57}.$$

Le tableau ci-après indique, au regard de chaque planète, sa révolution sidérale vraie, et celle qui résulterait du calcul de cette série :

Neptune	60129	62000		
Uranus	30687	31000		$\frac{1}{2}$
Saturne	10759	10333		$\frac{1}{3}$
Jupiter	4333	4138		$\frac{2}{5}$
Astéroïdes	1200 à 2000	1550		$\frac{3}{8}$
Mars	687	596		$\frac{5}{13}$
La Terre	365	366	$\frac{8}{13}$	$\frac{8}{21}$
Vénus	225	227	$\frac{13}{23}$	
Mercure	88	87		$\frac{13}{34}$

Digitized by Google

On voit, à l'inspection de ce tableau, que les chiffres des colonnes 2 et 3 sont presque identiques. Suivant cette loi, il ne pourrait y avoir de planète extérieure à Neptune, mais il peut en exister une intérieure à Mercure.

« En résumé, il existe entre tous les traits généraux une correspondance universelle qui relie, par un lien intellectuel et intelligible, tous les êtres organisés de tous les temps en un grand système. Qu'importe si quelques anneaux de la chaîne ont été perdus! Même confusément entrevue, cette vérité constitue le résultat le plus brillant des efforts intellectuels combinés de centaines d'observateurs pendant un demi-siècle.

« Toutes ces choses ont été faites par un Esprit, devant lequel l'homme doit s'incliner avec une ineffable reconnaissance pour les prérogatives qui lui ont été données dans ce monde, sans parler des promesses de la vie future. »

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Assainissement du littoral méditerranéen du département de l'Hérault. Rapport de l'ingénieur en chef des ponts et chaussées du département de l'Hérault. In-8°, 221 p., 5 tableaux et 2 pl. Montpellier, imp. Ricard frères.

Belgrand et Lemoine. Étude sur le régime des eaux du bassin de la Seine pendant les crues du mois de septembre 1866; par M. E. Belgrand, inspecteur général, et M. G. Lemoine, ingénieur ordinaire des ponts et chaussées. In-8°, 80 p. Paris, imp. Cusset et C^e; lib. Dunod.

Extrait des Annales des ponts et chaussées, t. XVI, 1868.

Breton. Problèmes de la théorie des ondes, résolus par la géométrie pure; par M. Philippe Breton, ingénieur en chef des ponts et chaussées. In-8°, 8 p. Paris, imp. Walder.

Duffau. Guide du constructeur, ou analyse de prix des travaux de bâtiments et ouvrages d'art comprenant la terrasse, la maçonnerie, la plâtrerie, le carrelage et le pavage, l'asphalte, la fumisterie, la marbrerie, la peinture, etc.; avec un tableau du poids des fers carrés, méplats et ronds, des fils de fer, de la tôle, etc.; par Duffau, agent du service de la voie aux chemins de fer du Midi. 3^e *édition*. In-8°, 366 p. Bordeaux, imprimerie Gounouilhou. 8 fr.

Dunkelberg. De la création des prairies irriguées, principes économiques et techniques, suivis d'un appendice sur le drainage et l'irrigation par le drainage, d'après Petersen; par W. F. Dünkelberg, ingénieur agricole. Traduit de l'allemand par Achille Cochard, ex-sous-chef du service agricole à l'Expo-

Digitized by Google

sition de 1867 (Billancourt). Avec 2 pl. en couleurs et 95 fig. dans le texte. In-8°, VII-215 p. V. Masson et fils.

ALPHAND. Les Promenades de Paris. Bois de Boulogne. Bois de Vincennes. Parc. Squares. Boulevards; par A. Alphand, directeur de la voie publique et des promenades de la ville de Paris. Ouvrage orné de chromo-lithographies et de gravures sur acier et sur bois. Livraisons 11 à 14. Série II. Livraisons 1 à 4. In-f°, 45-64 p. avec grav. et 5 pl.; lib. Rothschild.

Ouvrage de luxe publié en livraisons grand in-folio, à l'usage des ingénieurs, jardiniers-paysagistes, propriétaires et amateurs de beaux livres. Prix de la livraison : 5 fr. Édition sur papier de Hollande, 10 fr. Chaque série, 50 fr.; sur papier de Hollande, 100 fr.

MICHELOT. Expériences sur la résistance des matériaux à l'écrasement; par M. Paul Michelot, ingénieur en chef des ponts et chaussées. In-8°, 15 p.; lib. Dunod.

Extrait des Annales des ponts et chaussées, t. XVI, 1868.

COLLIGNON. Cours élémentaire de mécanique (cinématique); par Édouard Collignon, ingénieur des ponts et chaussées. Ouvrage répondant aux programmes officiels de 1866 pour l'enseignement secondaire spécial (3e année, 1re partie.) In-18 jésus, 288 p.; lib. L. Hachette et Ce. 3 fr. 50 c.

Emploi (de l') des chemins de fer en temps de guerre. Traduit de l'allemand. In-8°, 245 p. et 1 pl.; librairie Dumaine. 4 fr.

SIEMENS. Construction et conduite du four à gaz et à chaleur régénérée, de C. W. Siemens, membre de la Société royale et de l'Institut des ingénieurs civils de Londres; lib. Dunod.

VIDARD. L'État et les compagnies de chemins de fer. De quelques questions de sécurité et d'économie. Lettre au ministre des travaux publics; par J. B. Vidard, inspecteur de chemins de fer. In-8°, 44. p.; lib. E. Lacroix, 2 fr.

Pour la chronique :

HERVÉ MANGON.

Digitized by Google

TABLES DES MATIÈRES

DISPOSÉES

PAR ORDRE D'INSERTION ET PAR ORDRE ALPHABÉTIQUE,

POUR

LES MÉMOIRES ET DOCUMENTS

PUBLIÉS EN 1868.

2e SEMESTRE.

PREMIÈRE TABLE.

RÉCAPITULATION GÉNÉRALE PAR ORDRE D'INSERTION.

NUMÉROS des planches.	INDICATION DES MATIÈRES.	NUMÉROS des pages.	NUMÉROS des articles.	RAPPEL des cahiers.
	Notice nécrologique sur M. Petot, inspecteur général des ponts et chaussées; par M. Reynaud. . . .	1	183	
	Notice nécrologique sur M. Kermaingant, inspecteur général des ponts et chaussées; par M. Charié-Marsaines.	8	184	
	Sauvetage des naufragés; mémoire par M. Charié-Marsaines.	15	185	4
168	Frein Stilmant; note par MM. Allain et Stilmant. .	45	186	
	Barrages mobiles; note par M. de Lagrené.	50	187	
	Chemins de fer; exécution par l'État; note par M. Surell.	58	188	
169	Chemins de fer à bon marché et d'intérêt local; note par M. Ruelle.	66	189	
	Chronique. Juillet 1868.	121	»	
	Médailles en or accordées et votées en faveur des meilleurs mémoires insérés aux *Annales des ponts et chaussées* dans les six cahiers de 1865.	129	190	
170 / 171	Arche d'essai sur les carrières de Souppes; note par M. de Lagrené.	130	191	
171	Pont de Fium'Alto; notice sur sa construction, par M. Doniol.	147	192	5
	Chemins vicinaux; nouvelle notice sur les frais de construction et d'entretien, par M. Marchal. . . .	172	193	
	Notice bibliographique sur l'ouvrage de M. Jacqmin, intitulé « Leçons faites en 1867 à l'École impériale des ponts et chaussées; » par M. Cheysson.	197	194	
	Chronique. Août 1868.	219		

Digitized by Google

NUMÉROS des planches.	INDICATION DES MATIÈRES.	NUMÉROS des pages.	NUMÉROS des articles.	RAPPEL des cahiers.
172	Étude sur le régime des eaux du bassin de la Seine; par MM. Belgrand et Lemoine.	235	195	
	Résistance des matériaux à l'écrasement; expériences faites par M. Paul Michelot.	313	196	6
173	Bac de Courceroy; note par M. Lagout.	328	197	
	Chronique. Septembre 1868.	332		
	Portes en métal et en bois des écluses du canal du Nivernais; note sur leur mérite comparatif, par M. Cambuzat.	339	198	
	Touage à vapeur établi dans le souterrain de Pouilly, canal de Bourgogne; note par M. Bazin.	344	199	7
174 / 175	Construction de douze barrages écluses exécutés sur la Haute Seine entre Paris et Montereau; mémoire par MM. Chanoine et de Lagrené.	366	200	
	Chronique. Octobre 1868.	470		
	Notice nécrologique sur M. Busche, inspecteur général des ponts et chaussées, par M. Rumeau. .	475	201	
176	Barrage de Joinville sur la Marne; notice sur sa construction, par M. Malézieux	482	202	
	Chaussée établie dans le petit désert de la province d'Oran (Chott de Chergui); note par M. Poulain.	513	203	8
177	Travaux de défense contre les inondations; mémoire par M. Gauckler.	521	204	
	Chronique. Novembre 1868	551		
	Chaussées pavées; notice sur leur entretien, par M. Radoult de la Fosse.	569	205	
	Arche en fonte à deux arcs de 50 mètres d'ouverture; note sur les épreuves de cette arche, par M. Renaudot.	582	206	
178	Colmatage des terrains de la vallée de l'Isère, partie comprise dans la Savoie, entre le pont de Grésy et la limite du département. mémoire par M. Drizard	593	207	9
	Observations pluviométriques de Château-Chinon; note rectificative de MM. Belgrand et Lemoine. .	633	208	
	Chronique. Décembre 1868.	635		

Digitized by Google

DEUXIÈME TABLE.

ANALYSE DES MATIÈRES PAR ORDRE ALPHABÉTIQUE.

A

Agassiz (extrait d'une leçon à l'Université de Cambridge de M.); par M. Cheysson, 640.
Agostini, 153.
Allain et Stilmant; note sur le frein Stilmant, 45 à 49.
Amsler (planimètre d'), 124.
Arc (rivière d'). Voir Colmatage.
Arche d'essai exécutée dans les carrières de Souppes, note par M. de Lagréné, 130 à 146. — Exposé, 130. — 1° Mouvements produits par des variations de température, 134; — 2° mouvements produits par les chocs, 135; — 3° mouvements produits pour le passage sans choc d'un poids de 5 510 kilogrammes, 136; — 4° mouvements produits par une surcharge de 1656 kilogrammes par mètre superficiel, 137; — 5° mouvements produits par l'enlèvement d'une surcharge de 1 000 kilogrammes par mètre superficiel, 138; — 6° recherche de l'épaisseur minimum de la culée, 138; — 7° démolition de la voûte par la contre-clef, 140; — 8° pression à la clef, 141. — Résumé et conclusions, 144.
Arche en fonte de 50 mètres d'ouverture. Voir Ponts métalliques.
Assainissement de Paris, 559.

B

Bac de Courceroy, note par M. Lagout, 328 à 331.
Barrage de Joinville sur la Marne; notice sur sa construction, par M. Malézieux, 482 à 512. — Exposé, 482. — § 1er. Double objet du barrage de Joinville. Dispositions générales, 483. — § 2. Modifications apportées au projet primitif des engins mobiles, 485. — § 3. Description sommaire du déversoir, 485. — § 4. Détails sur le fonctionnement des hausses, 495. — § 5. Renseignements divers sur le barrage, 502. — § 6. Tambours métalliques. Des limites d'application du système de barrage de M. Desfontaines, 506.
Barrages de la Seine et de l'Yonne; note de M. Cambuzat, 635.
Barrages éclusés de la haute Seine entre Paris et Montereau. Mémoire sur leur construction, par MM. Chanoine et de Lagréné, 366 à 469.

Exposé, 366. — Chapitre Ier, § 1er Description sommaire des barrages de la Seine, 367. — § 2. Description d'une écluse d'un des barrages de la haute Seine, 368. — § 3. Description sommaire d'une passe navigable, 373. — § 4. Description sommaire d'un déversoir, 376. — § 5. Arrière radier, 379. — § 6. Exécution des travaux, 382. — § 7. Dépenses d'exécution et prix de revient, 404.

Chapitre II. Manœuvres et expériences. § 1er. Remous produits par les barrages, 409. — § 2. Influence des barrages éclusés sur les débordements de la Seine, 411. — § 3. Temps employé pour monter ou descendre une écluse de la haute Seine, 415. — § 4. Temps employé pour relever les hausses d'un barrage mobile et hauteur d'eau sous laquelle s'opère le relèvement, 418. — § 5. Temps employé pour abattre les hausses des passes navigables et chutes sous lesquelles elles ont été abattues, 424. — § 6. Relèvement des hausses des déversoirs, 428. — § 7. Abattage des hausses de déversoir, 432. — § 8. Mouvements spontanés des hausses de déversoirs, 434.

Chapitre III. Modifications diverses apportées aux engins des barrages de la haute Seine. § 1er. Roue à

Digitized by Google

six rayons pour la manœuvre des barres à talons, 443. — § 2. Indicateurs des barres à talons, 446. — § 3. Ecran pour redresser les hausses des passes navigables, 450. — § 4. Bateau de manœuvre et accessoires, 452. — § 5. Hausses prisonnières des déversoirs, 454. — § 6. Hausses oscillantes à surfaces courbes de roulement, 456.
Barrages mobiles. (observations de M. de Lagrené sur les), 50.
Batier, 390, 597.
Baudre (de), 506.
Bazin. Note sur le touage à vapeur établi dans le souterrain de Pouilly (canal de Bourgogne), 344 à 365.
Beeching, 27.
Béhic, 206.
Belgrand. Etude sur le régime des eaux du bassin de la Seine pendant les crues du mois de septembre 1866, 235 à 312 — Note rectificative sur les observations pluviométriques de Château-Chinon, 633.
Belin, 529.
Belleville, 395.
Bergeron (Charles), 84.
Berthier, 212.
Bibliographie. Voir Chronique.
Bibliographie. Chemins de fer. Notice par M. Cheysson, sur l'ouvrage de M. Jacqmin intitulé : « Leçons faites en 1867 à l'Ecole impériale des ponts et chaussées, » 197 à 218.
Bonna, 470.
Boulé, 447, 469.
Bouquié, 346.
Boureuille (de), 200.
Brame. Etudes sur les signaux des chemins de fer à double voie. Voir Chronique, 226.
Bresse, 587, 588.
Brière de Mondétour, 506.
Brive (de), 248, 291, 292.
Busche. Voir Nécrologie.

C

Cambuzat, 50, 51, 52, 55, 328.—Note comparative sur les portes en bois et en métal qui existent aux écluses du canal du Nivernais, 339 à 343. — Note sur les barrages de la Seine et de l'Yonne, 635.
Canal de Bourgogne. Souterrain de Pouilly. Voir Touage à vapeur.
Canal du Nivernais. Voir Portes d'écluses.
Canapville, 390, 397.
Carlier, 637.
Champion (Maurice), 237.
Chanoine, 55.
Chanoine et de Lagrené, mémoire sur la construction de douze barrages éclusés sur la haute Seine, entre Paris et Montereau, 366 à 469.
Chanson, 155.
Charié-Marsaines, mémoire sur le sauvetage des naufragés, 15 à 44. — Notice nécrologique sur M. Kermaingant, inspecteur général des ponts et chaussées, 8 à 14.
Charles-Félix, roi, 594.
Chaubart, 456, 463.
Chaussées pavées. Notice sur leur entretien, par M. Radoult de Lafosse, 569 à 581. Introduction, 569. Situation des chaussées pavées : Longueurs et superficies, 570. Profil transversal, 570. Nature des matériaux employés, 571. Emploi des matériaux, 572. Organisation de l'atelier des cantonniers paveurs, composition de l'atelier, 572. Déplacements, 573. Travaux effectués, 573. Fonctions du chef paveur, 573. Ouvriers auxiliaires, 573. Surveillance, 574. Salaires, 574. Heures de travail, 574. Travail produit, 574. Résultats obtenus 575. Temps employé à l'exécution de chaque nature d'ouvrage, 575. Tableau, 576. Dépenses, 577. Économie obtenue, 578. Conclusion, 579. Premiers essais, 579. Organisation définitive, 579. Circonstances les plus favorables à l'application du système, 580.
Chaussée sur fascines établie dans le petit désert de la province d'Oran (chott de Chergui) ; note par M. H. Poulain, 513 à 520.
Chemins de fer :
Chemins de fer allemands (voie des). Voir Chronique.
Chemins de fer de l'Inde anglaise. Voir Chronique, 332.
Chemins de fer suisses. Voir Chronique, 470.
Chemin de fer de Vitré à Fougères. Voir Chronique, 219
Résultats de l'exploitation des chemins de fer français, 231, 551.
Voie entièrement métallique du système Hartwich, 561.
Note par M. Surell, sur l'avantage de l'exécution des chemins de fer par l'Etat, suivant la loi du 11 juin 1842, 58 à 65.

Chemins de fer à bon marché et d'intérêt local. Note par M. Ruelle, 66 à 120. — Exposé, 66. — § 1er. Examen sommaire des modes d'exécution du réseau actuel des chemins de fer, 68. — Organisation des grandes compagnies, 68. — Insuffisance des compagies locales, 69. — Accroissement des frais généraux, 71. — Loi du 12 juillet 1865, 72. — Rôle des ingénieurs, 74. — Exécution des travaux sur séries de prix, 76. — Inconvénients des marchés à forfait, 79. — § 2. Comparaison des prix de revient kilométriques de quelques lignes à une voie, 83. — Chemins de fer d'Écosse, 84. — Exemples fournis par les chemins de fer français, 86. — Comparaison des prix de revient, 88. — Premier groupe : lignes de Châteaulin à Landerneau ; de Nantes à Saint-Nazaire ; de Mouchard aux Verrières ; de Lons-le-Saulnier à Mouchard ; de Montluçon à Moulins avec embranchements sur Bezenet et Saint-Jacques. 89. — Deuxième groupe : lignes de Montluçon à Limoges avec embranchement d'Aubusson ; de Savenay à Lorient ; de Chagny au Creusot et à Montceau, de Lorient à Châteaulin ; de Nuits sous-Ravières à Châtillon-sur-Seine ; de Bourg à Lons-le-Saulnier ; de Poitiers à la Rochelle et à Rochefort, 98. — Troisième groupe : lignes d'Épinal à Remiremont ; d'Arc-Senans à Franois ; de Tours au Mans ; d'Auray à Napoléonville, de Lunéville à Saint-Dié ; d'Avricourt à Dieuze ; de Bourges à Montluçon, 109. — Quatrième groupe : ligne de Strasbourg à Barr avec embranchement sur Wasselonne et Mutzig, 117.

Chemins vicinaux. Nouvelle notice par M. Marchal sur les frais de construction et d'entretien de ces chemins, en réponse aux observations critiques de MM. les agents-voyers en chef des départements de Loir-et-Cher et de la Côte-d'Or, 172 à 196. — 1° Observations sur la notice de M. Marchal, par M. Maurice, agent-voyer en chef du département de Loir-et-Cher, 172. — 2° Lettre de M. Liénard, agent-voyer en chef de la Côte-d'Or à M. Maurice, 181. — 3° Réponse aux observations critiques qui précèdent, par M. Marchal, 188.

Chenot, 344.

Cheysson. Notice bibliographique sur l'ouvrage de M. Jacqmin, 197 à 218.

Chronique :

—Juillet 1868. Les travaux publics en Suède, 121. — Planimètre d'Amsler, 124. — Accident de l'écluse Vauban, 128.

—Août 1868. Chemin de fer de Vitré à Fougères, 219. — Vente des bois en Corse, 226. — Tunnel des Alpes, 226. — Bibliographie, 226. — Résultat de l'exploitation des chemins de fer français, 231. — Bulletin bibliographique, 234.

—Septembre 1868. Chemins de fer de l'Inde anglaise, 332. — Voies des chemins de fer d'Allemagne, 334. — Bibliographie, 336. — Bulletin bibliographique, 338.

—Octobre 1868. Chemins de fer de la Suisse, 470.

—Novembre 1868. Résultats de l'exploitation des chemins de fer en France pendant l'année 1867, 551. — Assainissement de Paris, 559. — Voie entièrement métallique du système Hartwich, 561. — Bulletin bibliographique, 565.

—Décembre 1868. Barrages de la Seine et de l'Yonne, 635. — Réclamation, 637. — Transformation de la basse Loire, 637. — Pont sur l'Alleghany, 637. — Pont suspendu de Cornwal, 640. — Extrait d'une leçon de M. Agassiz à l'Université de Cambridge (États-Unis), 640. — Bulletin bibliographique, 643.

Claparède, 347.

Claudi, 29, 30.

Colmatage des terrains de la vallée de l'Isère, partie comprise dans la Savoie entre le pont de Grésy et la limite du département, mémoire par M. Drizard, 593 à 632.
Exposé, 593. Rive droite de l'Isère ; division en quatre sections des travaux de colmatage, 597. Rive gauche de l'Isère ; même division des travaux de colmatage, 599. Valeur des domaniaux, 613. Filtrations, 621. Commune de Saint-Pierre-d'Albigny, 623. Vente des récoltes des roselières, 629. Vente des domaniaux, 231.

Conte, 603.

Corse (vente des bois en), 226.

Couche, 336.

Coumes, 552.

Courceroy (bac de). Note par M. Lagout, 328 à 331.

Culmann, 533.

D

Darwin, 640.
Dausse, 539, 549.
Debauge, 219, 220, 223.
Delvigne, 38.
Denière, 212.
Desnoyers, 87, 101, 113.
Diday, 479.
Doniol. Notice sur la construction du pont de Fium'alto, 147 à 171.
Drizard (Antoine). Mémoire sur le colmatage des terrains de la vallée de l'Isère, partie comprise dans la Savoie entre le pont de Grésy et la limite du département, 593 à 632.
Drouets. Médaille d'or de 300 fr. accordée pour son mémoire sur la stabilité des voûtes, 129.
Dufour, 309, 310, 311, 312.
Dupont, 49.
Duprey, 469.
Dupuit, 8.
Durand Claye (Alfred), 559.
Durand Claye (Léon), 560.
Durieux, 390, 393, 394, 397.

E

Ecluse Vauban. Accident, 128.
Ecluses du canal du Nivernais. Note comparative, par M. Cambuzat, sur les portes en métal et en bois de ces écluses, 339 à 343.
Escher (Conrad), 529.

F

Farcot, 391, 396, 397.
Feline Romany, 130, 145.
Fium' alto (construction d'un pont sur le torrent de). Notice par M. Doniol, 147 à 171.
Flachat, 206. — Réclamation, 637.
Flèche, 328.
Fleuves et rivières. Travaux de défense des rives contre les inondations. Mémoire par M. Gauckler, 521 à 550.
Forcade (de), 203.
Forquenot, 224.
Fournet, 296, 300.
Fournié, 272, 273.
Franqueville (de), 198, 209, 213, 215.
Frein Stilmant. Note par MM. Allain et Stilmant, 45 à 49.
Fresnel, 17.
Fritsch, 299.

G

Garceau, 439, 447, 449, 451, 469.
Garnuchot, 390, 397.
Gauckler. Mémoire sur la défense du territoire contre les inondations, 521 à 550.
Gaudry, 49, 640.
Gonthier, 296.
Graeff. Médaille d'or de 600 francs accordée pour son mémoire sur les routes du département de la Loire, 129.
Greathead, 26.
Grétry (de), 183, 184.
Gudin (Théodore), 33.
Guillaume, 8.

H

Hartwich (rail), 335.
Hellary (sir William), 27.
Huerne de Pommeuse, 33.

I

Inondations. Travaux de défense des rives. Mémoire par M. Gauckler, 521 à 550.
Isère. Colmatage des terrains de la vallée, partie comprise dans la Savoie entre le pont de Grésy et la limite du département. Mémoire par M. Drizar, 593 à 632.

J

Jacqmin. Notice bibliographique sur son ouvrage traitant de l'exploitation des chemins de fer intitulé, « leçons faites en 1867 à l'Ecole impériale des ponts et chaussées, » par M. Cheysson, 197 à 218.
Joinville (barrage de). Notice sur sa construction, par M. Malézieux, 482 à 512.
Joly, 502.
Jomard, 33.
Jundt, 117.

K

Kermaingant. Notice nécrologique par M. Charié Marsaines, 8 à 14.

L

Lafarge, 148.
Lagout, 469. — Note sur le bac de Courceroy, 328 à 331.

Lagrené (de) et Chanoine. Mémoire sur la construction de douze barrages éclusés sur la haute Seine entre Paris et Montereau, 366 à 469.
Lagrené (de). Observations relatives aux barrages mobiles, 50 à 57. Note sur une arche d'essai exécutée dans les carrières de Souppes, 130 à 146.
Lalandelle, 32.
Lambert, 434.
Lan, 211.
Lasteyrie (de), 33.
Lechalas, 637.
Ledru, 87, 110, 114.
Legrand, 477.
Lemoine. Étude sur le régime des eaux du bassin de la Seine pendant les crues du mois de septembre 1866, 235 à 312. — Note rectificative sur les observations pluviométriques de Château-Chinon, 633.
Leprêtre, 40.
Lermoyez, 344, 354.
Lescure de Bellerive, 476.
Letestu, 391, 396, 397.
Lévy, 340.
Liénard. Lettres à M. Maurice, agent-voyer en chef du département de Loir-et-Cher, sur la notice de M. Marchal relative aux frais de construction et d'entretien des chemins vicinaux confiés aux ingénieurs des ponts et chaussées, 181.
Lionel Lukin, 26.
Loire (basse). Projet d'un canal maritime de Nantes à Saint-Nazaire, 637.
Louiche Desfontaines, 8, 482 à 512.

M

Magne, 13.
Malaria (des causes et des inconvénients produits en Corse par la), 152.
Malézieux. Notice sur le barrage construit sur la Marne à Joinville, 482 à 512.
Malherbe, 32.
Malo (constructeur), 22.
Mangon (Hervé). Voir Chronique.
Marchal, 67. — Nouvelle notice sur les frais de construction et d'entretien des chemins vicinaux, en réponse aux observations critiques présentées par MM. les agents-voyers en chef des départements de la Côte-d'Or et de Loir-et-Cher, 172 à 196.
Martin (Georges), 582.
Marx, 117.
Matériaux. Expériences, par M. Michelot, sur leur résistance à l'écrasement, 313 à 327. — Deuxième partie. Pierres de taille du bassin de Paris, 313. — Marbres, liais, pierres dures, plus ou moins fines et compactes, 317. — Roches, bancs francs, pierres plus ou moins grossières et coquillières, 317. — Bancs royals tendres, lambourdes, vergelés, pierres demi-dures et tendres, fines, maigres ou grasses, 318. — Tableau, 220 à 327.
Maurice. Observations sur la notice de M. Marchal, relative aux frais de construction et d'entretien des chemins vicinaux confiés aux ingénieurs des ponts et chaussées, 172.
Médailles en or accordées et votées en faveur des mémoires ci-après :
1° Médaille d'or de 600 fr. ; mémoire n° 104 sur les routes du département de la Loire, par M. Graeff ;
2° Médaille d'or de 300 fr. ; mémoire n° 111 sur les dépenses de construction, d'administration et d'exploitation du chemin de fer franco-suisse, par M. Ruelle.
Même médaille ; mémoire n° 105 sur la stabilité des voûtes, par M. Drouets, 129.
Michel, 470, 551, 561.
Michel Chevalier, 206.
Michel (Désiré), 153.
Michelot, 141, 142. — Note relative aux expériences faites sur la résistance des matériaux à l'écrasement, 313 à 317.
Mille, 559.
Molinos, 637.
Montricher (de), 10.
Morandière, 87, 92, 107, 112.
Morin (général), 354.
Moussette, 211.
Musey, 390.

N

Nécrologie :
Notice nécrologique sur M. Busche, inspecteur général des ponts et chaussées, par M. Rumeau, 475 à 481.
Notice nécrologique sur M. Kermaingant, inspecteur général des ponts et chaussées, par M. Charié Marsaines, 8 à 14.
Notice nécrologique sur M. Potot, inspecteur général des ponts et chaussées, par M. Reynaud, 1 à 7.
Nicolle, 469.

Digitized by Google

Nordling, 81, 87, 96, 99, 115.
Northumberland (duc de), 27, 28.

P

Papillon, 469.
Peake, 27.
Petot. Notice nécrologique par M. Reynaud, 1 à 7.
Petsch, 124.
Pierce, 642.
Pluie. Observations pluviométriques de Château-Chinon. Note rectificative, par MM. Belgrand et Lemoine, 633, 634.
Poirée, 486, 487.
Pont de Fium' alto. Notice sur sa construction, par M. Doniol, 147 à 171. Tableau et notes comparatives des dimensions des principaux ponts exécutés en France et en Europe, 157 à 171.
Pont métallique de 50 mètres d'ouverture. Note sur les épreuves d'une arche en fonte à deux arcs, par M. Renaudot, 582 à 592.
Pont métallique sur l'Alleghany, 637.
Pont suspendu de Cornwall, 640.
Porte d'écluse du canal du Nivernais, note comparative par M. Cambuzat, sur les portes en bois et en métal, 339 à 343.
Poulain. Note sur une chaussée sur fascines établie dans le petit désert de la province d'Oran (chott de Chergui), 513 à 520.
Pronnier, 637.

R

Radoult de la Fosse. Notice sur l'entretien des chaussées pavées, 569 à 581.
Rayet, 293, 296.
Razilly (chevalier de), 32.
Renaudot. Note sur les épreuves d'une arche en fonte à deux arcs de 50 mètres d'ouverture, 582 à 592.
Reuleaux, 336.
Reynaud, 17. Notice nécrologique sur M. Petot, inspecteur général des ponts et chaussées, 1 à 7.
Rigault de Genouilly (amiral), 35.
Rivières et fleuves. Travaux de défense des rives, mémoire par M. Gauckler, 521 à 550.
Rondelet, 315.
Roset, 537, 549.
Rouher, 13, 205, 206.
Ruelle. Note relative aux chemins de fer à bon marché et d'intérêt local, 66 à 120.
Médaille d'or de 300 francs accordée pour son mémoire sur les dépenses de construction, d'administration et d'exploitation du chemin de fer Franco-Suisse, 129.
Rumeau. Notice nécrologique sur M. Busche, inspecteur général des ponts et chaussées, 475 à 481.

S

Saint-Pierre-d'Albigny (commune de), 623.
Saintyves 50, 51, 54, 55.
Santini, 153.
Sappel (de), 579.
Sauvetage des naufragés. Mémoire par M. Charié Marsaines, 15 à 44. Exposé, 15. Chapitre I. Historique des moyens employés à différentes époques jusqu'à nos jours, 16. Chapitre II. Des naufrageurs, 23. Création des bateaux de sauvetage en Angleterre, 26. Organisation du service de sauvetage en Danemark, 29; id. en Hollande, 30; en Allemagne, 30; en Suède, 31; en Chine, 31. Chapitre III. Exposé de ce qui a été fait en France, 32. Naufrages de Gravelines, 39. Chapitre IV. Résumé, 42.
Savarin, 57.
Scipion Gras, 533, 536, 549.
Seine. Etude par MM. Belgrand et Lemoine sur le régime des eaux du bassin de la Seine pendant les crues du mois de septembre 1866, 235 à 312.
Exposé, 235. — § 1er. Hauteurs atteintes par les différents cours d'eau, 235. — Caractères généraux de la crue de la Seine à Paris, 235. — Crues de la Seine ayant dépassé 5m.21 au pont de la Tournelle depuis 1732 jusqu'en 1866, 236. — Crues ayant dépassé 2m.50 au même pont entre le 1er juin et le 15 octobre, depuis 1732 jusqu'en 1866, 239. — Crues de la Seine où la montée produite par une seule crue générale des affluents a dépassé 4 mètres, 240. — Crues des divers affluents de la Seine, 241. — Aperçus généraux en dehors du bassin de la Seine, 248. — Caractères spéciaux et mode de progression des différentes crues, 250. — Détails sur les crues observées en Bourgogne et sur la production des sources éphémères, 254. — Essais hydrotimétriques des eaux de

la Seine aux différentes périodes de la crue, 262. — Tableau, 264. — § 2. Pluies qui ont produit les crues de 1866. — Pluies préparatoires, 265. — Pluies torrentielles, 266. — Tableau, 267. — Intensité relative des pluies torrentielles dans les différents points du bassin, 273. — Mode de progression des pluies torrentielles 278. — Mouvements atmosphériques en corrélation avec les grandes pluies du mois de septembre, 287. — Tableau des vents observés d'après la girouette entre le 20 et le 27 septembre 1866, dans le bassin de la Seine, 288. — Tableau des hauteurs barométriques observées du 19 au 26 septembre 1866, 292. — Pluies torrentielles en dehors du bassin de la Seine, 293. — Tableau des hauteurs des pluies tombées du 21 au 25 septembre dans divers points de de l'Europe, 294. — § 3. Résumé et conclusions, 301. — Résultats généraux de cette étude, 301. — Progrès à réaliser dans l'aménagement des eaux pluviales, 305. — Note additionnelle, 309. — Pression atmosphérique, 310. — Mouvement de l'air, 310. — Température, 311. — Pluie, 311. Observations d'Alger, 312.

Stilmant et Allain. Note sur le frein Stilmant, 45 à 49.

Suède (les travaux publics en), 121.

Surell, 549. — Note sur les avantages de l'exécution des chemins de fer par l'État suivant la loi du 11 juin 1842, 56 à 65.

T

Thil, 219.

Thomas, 124.

Touage à vapeur établi dans le souterrain de Pouilly. Note par M. Bazin, 344 à 365. — Exposé, 344. — Expériences sur la traction dans l'intérieur du souterrain, 348. — Expérience faite le 21 mai 1867 sur les dénivellations produites dans le bief de partage par la marche des convois, 351. — Difficulté d'aérage dans le souterrain, 358. — Dépenses d'exploitation, 362.

Tresca, 314.

V

Vallée, 549.

Varroy, 117.

Vaudrey, 130, 135, 145.

Villedieu, 37.

Vogin, 155.

W

Ward, 28, 44.

Wilson (Thomas), 27.

FIN DES TABLES DES MÉMOIRES DU 2ᵉ SEMESTRE DE 1868.

Paris.— Imprimerie de Cusset et Cᵉ, 26, rue Racine.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google